Über

induzierte Radioaktivität.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

einer

hohen philosophischen Fakultät
(II. Sektion)

der

kgl. bayer. Ludwig-Maximilians-Universität München

vorgelegt

von

Karl Ludwig Gonder

aus Friedberg (Hessen).

Erlangen 1905.

Druck der Universitäts-Buchdruckerei von E. Th. Jacob.

Meinen lieben Eltern

in Dankbarkeit

gewidmet.

Vorliegende Arbeit wurde im chemischen Laboratorium der Akademie der Wissenschaften zu München ausgeführt.

Es ist mir eine angenehme Pflicht, meinen hochverehrten Lehrern, Herrn Professor Dr. K. A. Hofmann, auf dessen Anregung und unter dessen liebenswürdiger Leitung diese Arbeit entstand, sowie Herrn Geheimrat Professor Dr. A. von Baeyer für das meinen Studien entgegengebrachte Interesse meinen ergebensten Dank auszusprechen.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41552301_0016

Inhaltsübersicht.

I. Einleitung 1
II. Zusammenstellung der Versuchsergebnisse 8
III. Experimenteller Teil 14
1) Ausführung der Aktivitätsprüfungen 14
2) Gewinnung aktiven Wismuts und aktiven Tellurs . . 16
3) Verbindungen von Wismutsalzen mit Thioharnstoff . 18
4) Wismutsulforhodanid 24
5) Untersuchung des aktiven Wismuts und des aktiven Tellurs 25
6) Aktivierungsversuche:
a) mittels Uransalz 43
b) mittels Radiumbaryumchlorid 49
c) mittels Radiobleisalz 54
d) mittels aktiven Wismuts 56

Einleitung.

Henry Becquerel [1]) entdeckte im Jahre 1896 bei Prüfung der Versuche von Le Bon [2]), Lumière und D'Arsonval [3]), dass die durch ihre Fluorescenz bekannten Uransalze unabhängig von vorhergehender Belichtung durch lichtdichte Medien hindurch auf die photographische Platte strahlende Wirkung ausüben. Im weiteren Verlaufe seiner Untersuchungen ergab sich, dass die »Uranstrahlen« die nach ihrem Entdecker »Becquerelstrahlen« genannt wurden, nicht nur den verschiedenartigsten Verbindungen des Urans, sondern auch dem Metalle selbst eigentümlich sind. Alle aus den verschiedenen Uranmineralien gewonnenen Proben von Uranoxyduloxyd zeigten das gleiche Strahlungsvermögen.

Die Uran- oder Becquerelstrahlen besitzen in vieler Beziehung grosse Aehnlichkeit mit den Röntgen- und den Kathodenstrahlen. Sie sind imstande, auf der photographischen Platte durch die verschiedenartigsten Medien hindurch, wie schwarzes Papier, Kautschuk, Aluminiumblech, Blei und sogar dünnes Platinblech starken Belichtungseffekt hervorzurufen,

1) Compt. Rend. 122. 420, 501, 559, 689, 762, 1086 (1896); 124. 984 (1897).

2) Compt. Rend. 122. 188, 233, 386, 462, 522, 1054 (1896).

3) Compt. Rend. 122. 500.

und ausserdem eine Reihe Stoffe, unter anderem Baryumplatincyanür und Sidot'sche Blende zu deutlicher Phosphorescenz zu erregen. Diese Fähigkeiten fasst man unter dem Begriff der »Radioaktivität« zusammen.

Nachdem die Versuche von Becquerel bekannt geworden waren, beobachtete G. C. Schmidt [1]) an der Thorerde ähnliche Eigenschaften. Er stellte fest, dass auch von diesem Stoffe strahlungsartige Wirkungen ausgehen, die mit den Uranstrahlen sehr grosse Aehnlichkeit besitzen. Durch genauen Vergleich der Wirksamkeit von Uran- und Thorpräparaten mit den in der Natur vorkommenden Ausgangsmaterialien wie Pechblende, Uranglimmer, Bröggerit und Cleveit, fanden P. Curie und Skl. Curie [2]), dass die gereinigten Präparate schwächere Aktivität als die Mineralien äussern. Sie folgerten daraus, dass in diesen noch stärker wirksame Materien vorhanden sein müssten und erhielten auch aus dem wichtigsten Uranmineral, der Uranpechblende, nach Aufschluss in saurer Lösung durch Schwefelwasserstofffällung eine Substanz, die in ihren chemischen Reaktionen sich wie Wismut verhielt, aber zum Unterschied von diesem sehr stark aktiv, ungefähr 400 mal stärker als Uran, war. Die Entdecker glaubten wegen dieser auffallend starken Wirksamkeit auf das Vorhandensein eines neuen Elementes schliessen zu dürfen, das sie Polonium nannten. Bald darauf gelang es diesen Forschern [3]), aus dem gleichen Ausgangsmaterial (der Pechblende) sehr stark aktive Baryumsalze abzuscheiden. Sie vermuteten in diesen als Ursache ihrer Aktivität ein

1) Ann. d. Phys. u. Chem. Bd. 301. 141.

2) Compt. Rend. 127. 175 (1898).

3) Compt. Rend. 127. 1215 (1898).

dem gewöhnlichen Baryum analytisch ähnliches neues Element, das sie Radium nannten.

A. Debièrne[1]) fand später in der Pechblende eine aktive Substanz, die aus Titanoxyd zu bestehen schien, bei näherer Untersuchung aber mit der Thorerde im wesentlichen übereinstimmte. Da die Aktivität des Stoffes ungefähr 5600 mal grösser war als die des Urans, hielt Debièrne diese Materie für die Verbindung eines neuen Elementes und gab diesem den Namen »Actinium.« Bei weiteren genaueren Untersuchungen der Pechblende gelang es K. A. Hofmann und E. Strauss[2]), aus Uranpecherz, Uranglimmer, Bröggerit, Euxenit und Samarskit Bleipräparate abzuscheiden, die nach sorgfältiger, wiederholter Reinigung durch Schwefelwasserstoff- und Schwefelsäurefällung starke Aktivität zeigten, die aber, wenn sie durch physikalische oder chemische Einflüsse vorübergehend geschwächt wurden, wieder ihre frühere Wirksamkeit erlangten, mithin als primär aktiver Stoff gelten konnten. Zum Unterschied von gewöhnlichem Blei bezeichnete man diese aktive Materie mit »Radioblei.«

Im Jahre 1902 gewann Marckwald[3]) durch Versuche, die Aktivität in radioaktiven Wismutsalzen anzureichern, durch Eintauchen von blanken Wismutstäbchen in eine salzsaure Lösung von radioaktivem Wismut-Polonium Präparate von enorm starker Strahlung. Auch durch Zinnchlorür aus salzsaurer Lösung konnte dieser aktive Stoff als schwarzes Pulver abgeschieden werden. Wie die chemische Untersuchung ergab, bestand die stark aktive Masse der Haupt-

1) Compt. Rend. 129. 593 (1899) und 130. 906 (1900).

2) Ber. deutsch. chem. Ges. 33 p. 3126 (1900).

3) Ber. deutsch. chem. Ges. 35 p. 2285 (1902).

sache nach aus Tellur, weshalb Marckwald die Benennung »Radiotellur« vorschlug.

Die Becquerelstrahlung, die von den soeben angeführten Stoffen ausgeht, ist nun nicht homogen, sondern wird nach ihrem Verhalten in einem starken Magnetfelde, in drei Hauptgruppen zerlegt. Die bereits erwähnte α-Strahlung wird vom Magneten kaum, auf keinen Fall im Sinne der Kathodenstrahlen abgelenkt, ist leicht absorbierbar, das heisst, sie dringt durch eine Lage schwarzen Papiers oder durch Aluminiumblech von $^1/_{10}$ mm Stärke nicht hindurch, erhöht aber die elektrische Leitfähigkeit der Luft und wird somit an der entladenden Wirkung auf das Elektroskop erkannt. Die beiden anderen Strahlengattungen, die β- und γ-Strahlen ähneln in ihrem Verhalten einerseits den Kathoden, anderseits den Röntgenstrahlen. Während die β-Strahlen durch starke Ablenkbarkeit im Magnetfelde und grosse Durchdringungsfähigkeit gegen lichtdichte Stoffe, wie schwarzes Papier, Holz und selbst Metalle gekennzeichnet sind, besitzen die γ-Strahlen diese Penetranz in noch verstärktem Massstabe, werden jedoch durch den Magneten in ihrer Richtung nicht beeinflusst.

Rutherford [1]), der diese jetzt allgemein angenommene Unterscheidung in α-, β- und γ-Strahlen durch entscheidende Versuche festgestellt hatte, lieferte ausserdem den folgeschweren Nachweis, dass insbesondere von dem Thoroxyd neben der gradlinig sich fortpflanzenden Strahlung noch eine gasförmige Masse, die »Emanation« ausgeht, die zum Unterschiede von der »Strahlung« durch einen Luftstrom fortgetrieben, durch Röhren geleitet und durch Kühlung mit flüssiger Luft verdichtet werden kann.

1) Philos. Mag. [5] 49 p. 1 und 161.

Wohin immer diese Emanation gelangt, erregt sie Radioaktivität, verliert aber diese Wirkung schon innerhalb kurzer Zeit nach ihrer Entfernung vom Thorpräparat. Sie besitzt die Fähigkeit, Metallfolien und Karton zu durchdringen und Stoffe, die sich ihr darbieten, mit einer radioaktiven Schicht zu bedecken, insbesondere, wenn stark negativ elektrische Ladung die Ansammlung der ausgesandten Teilchen erleichtert. Das Auftreten einer Emanation konnte ausser bei Thorerde noch an Actinium, Radium und an einem von Giesel in der Pechblende aufgefundenen, dem Lanthan ähnlichen Stoffe, konstatiert werden.

Alle Materien nun, wie Gase, Flüssigkeiten und feste Körper, in welche Emanation gelangt, verhalten sich vorübergehend wie radioaktive Stoffe. In anschaulicher Weise wird dies durch einen instruktiven Versuch von Curie und A. Debièrne[1]) vorgeführt. Ein kleines Glas mit enger Oeffnung, das aktives Radiumsalz enthält, befindet sich in einem grösseren vollständig geschlossenen Gefässe. Platten von Blei, Kupfer, Aluminium, Glas, Ebonit und Paraffin sind im Innern der Glocke in der Nähe des Radiumsalzhaltigen Gefässes aufgehängt. Nach einigen Tagen sind diese alle am Elektroskop stark aktiv, selbst wenn sie vor direkter Bestrahlung durch dicke Bleischirme geschützt werden. Wird jedoch das die aktive Substanz enthaltende Glas fest verschlossen, so nehmen die oben erwähnten Stoffe keine Aktivität auf. Die Emanation breitet sich also wie ein Riechstoff in dem Raume aus und wirkt auf die mit ihr in Berührung kommenden Gegenstände um so stärker aktivierend ein, je enger der zu Gebote stehende Raum ist. Die so aktivierten festen Körper verlieren indessen, sobald

1) Compt. Rend. 132 p. 548 (1901).

sie in freier Luft aufbewahrt werden, nach Ablauf eines Tages ihre Strahlungsenergie fast vollständig, während die Emanation selbst im Gaszustande schon innerhalb einiger Stunden ihre Wirksamkeit einbüsst. Auffallend verschieden von dieser aktivierenden Wirkung der Emanation im gasförmigen Zustand in der Luft, ist die aktivierend induzierende Wirkung aktiver Stoffe in Lösungen, indem die in Lösung übertragene Aktivität teilweise von enormer Intensität und langer Dauer ist. Debièrne[1]) hielt zum Beispiel Baryumsalz mit Aktinium zusammen längere Zeit in Lösung und trennte alsdann das Baryum vom Aktinium nach der geläufigen Methode. Das Baryum blieb auch nach verschiedenen chemischen Umsetzungen aktiv und liess sich als Chlorid wie radiumhaltiges Baryumsalz fraktionieren. Die stärkst aktiven Teile waren am schwersten löslich und leuchteten getrocknet im Dunkeln, gaben jedoch nur das gewöhnliche Baryumspektrum. Im Vergleich zu der durch gasförmige Emanation bewirkten Aktivität, nahm letztere bei dem in Lösung induziert aktivierten Baryumsalz nur sehr langsam ab und betrug nach drei Wochen noch den dritten Teil vom anfänglichen Werte. Aehnliche Resultate erzielten Lengyel[2]) bei der Aktivierung von Baryumsalz durch Uransalzlösungen, sowie Giesel[3]) und Becquerel[4]) bei einer Reihe von Aktivierungsversuchen mittels Radiumchlorid. Diese durch Lösungen bewirkte, lange dauernde und trotz chemischer Umsetzungen haften bleibende Aktivität kann nicht durch Emanation hervorgerufen werden, da diese, wie

1) Compt. Rend. 131 p. 333 (1900).
2) Ber. deutsch. chem. Ges. 33 p. 1237 (1900).
3) Phys. Ges. Berlin. Januar (1900).
4) Compt. Rend. 131 p. 137 (1900); 133 p. 977 (1901).

die ausgezeichneten Arbeiten Rutherfords[1]) sowie von Ramsay[2]) und Soddy ergeben haben, ein völlig indifferenter, den Gliedern der Argonreihe nahe verwandter Stoff ist. Denn weder Bleichromat, noch Magnesium, Zinkstaub, Palladium, Platin oder Sauerstoff bei elektrischer Funkenentladung wirkten zerstörend oder absorbierend auf die Emanation ein. Ausserdem sind die Emanationen, wie bereits erwähnt, sehr rasch vergänglich, diejenige des Radiums klingt in wenigen Tagen fast vollständig, die des Thors in einigen Minuten um die Hälfte ab, während die Emanation des Aktiniums schon nach einer Sekunde auf die Hälfte ihrer Aktivität herabsinkt. Die Annahme Rutherfords, dass die Emanation aus Radium eine gasförmige Materie sei, wurde neuerdings durch die bedeutungsvollen Versuche Ramsay's und Soddy's[3]) gerechtfertigt. Sie zeigten, dass die Radiumemanation in Helium zerfällt. Dieses überraschende Resultat wurde von Dewar und Curie[4]) bestätigt. Die Zersetzung der Radiumemanation erfolgt innerhalb einiger Wochen und das schliessliche Produkt, Helium, ist inaktiv. Wenn nun die durch Radiumpräparate in Lösung bewirkte Aktivierung auf dem Uebergang von Emanation in den aktivierten Stoff beruhen würde, dann müsste solche induzierte Wirksamkeit nach einigen Wochen verschwinden. Aber soweit die bisherigen Betrachtungen reichen, ist dies nicht der Fall. Man kann Blei durch Uran oder Radium so aktivie-

---

1) Procedings chem. soc. 18 p. 2; Proc. and Trans. roy. soc. Canada 7. 21 (1901).

2) Compt. Rend. 138 p. 190.

3) Proc. roy. soc. 72 p. 204 (1903). Chem. News 88 p. 100 (1903). Phys. Zeitschrift 4 p. 651 (1903).

4) Compt. rend. 138 p. 190.

ren, dass auch nach Monaten noch deutliche Wirkungen nachzuweisen sind. Für ein tieferes Verständnis der in Lösung induzierbaren Aktivität sind die in der Literatur vorhandenen Mitteilungen noch ungenügend, da dem Anscheine nach nur rein zufällige Beobachtungen gemacht wurden, zwischen denen sich kein Zusammenhang finden lässt.

Die vorliegende Arbeit sollte diese Lücken ausfüllen und durch systematisch unter vergleichbaren Bedingungen angeordnete Versuche eine ausreichende experimentelle Basis schaffen. Um die Uebersicht zu erleichtern, seien die wesentlichen Ergebnisse in kurzer Fassung vorangestellt:

Zusammenstellung der Versuchsergebnisse.

1) Bei dem Uebergang von Aktivität aus dem primär aktiven auf den induzierten Stoff ändert sich die spezielle Art der erregten Strahlung nicht: α aktives Wismut [1]) kann an anderen Metallen nur α-Strahlung induzieren, ohne dass auch nur spurenweise eine Umwandlung in die durchdringende β-Strahlung erfolgt. Die durch Uran [2]) aktivierten Stoffe nehmen aus diesem α- und β-Aktivität in annähernd demselben Verhältnis, wie diese bei reinen Uranpräparaten vorkommen. Beim Aufbewahren von α- und β-aktivierten Substanzen verschwindet stets zuerst die β-Aktivität und erst nach längerem Liegen die α-Aktivität [3]). Im Gegensatze hierzu verlieren induziert aktive Stoffe beim Erhitzen zuerst die α-Wirksam-

1) Siehe Seite 34 u. ff.
2) Siehe Seite 43 u. ff.
3) Siehe Seite 28.

keit [1]), während die erhöhte Temperatur fast ohne Einfluss auf das Fortbestehen der β-Strahlung ist.

2) Die verschiedenen Elemente werden durch ein und denselben primär aktiven Stoff in sehr verschiedenem Grade α- sowohl als auch β-aktiv induziert. Aeusserst kräftig liessen sich durch Uransalz [2]) aktivieren Thorium, Calcium, Strontium, Baryum; letztere in mit höherem Atomgewicht wachsender Stärke, ferner noch Blei und Wismut. Sehr geringe Induktionswirkungen werden erzielt bei den Edelmetallen sowie bei Quecksilber und Eisen. Nahezu die umgekehrten Resultate ergaben sich bei Induktionsversuchen mittels radioaktiven Bleis [3]) oder aktiven Wismut-Poloniums [4]). Durch diese liessen sich nämlich die Platinmetalle äusserst kräftig, die alkalischen Erden dagegen nur sehr schwach aktivieren.

3) Die verschiedenen primär aktiven Stoffe üben auf ein und dasselbe Metall eine verschiedene induzierende Wirkung aus. Während Baryum aus Uransalzlösungen [5]) wie auch aus Aktiniumsalzlösungen als äusserst kräftig α- und β-aktives Sulfat sich abscheiden lässt, wird durch Radiobleisalz oder aktive Wismutsalzlösung [6]) nur eine ganz geringe Induktion herbeigeführt. Wie oben bereits erwähnt wurde, zeigten sich die Platinmetalle [7]) nach ihrer Trennung von Uransalz fast wirkungslos gegen Platte und Elektroskop, hingegen kräftig aktiv nach der Aktivierung

1) Siehe Seite 32 u. ff.
2) Siehe Seite 43 u. ff.
3) Siehe Seite 54 u. ff.
4) Siehe S. 56 u. ff.
5) Siehe S. 48.
6) Siehe Seite 65.
7) Siehe Seite 46 und 47.

in Radioblei oder aktiver Wismut-Poloniumsalzlösung.

4) Die zur quantitativen Trennung von primär aktiven und induziert aktiven Stoffen dienende analytische Methode ist nicht ausschlaggebend für die Strahlungsintensität des induzierten Körpers; es bleibt deshalb bei einer Trennung des Blei's von Uran [1]) ganz gleichgültig, ob man ersteres durch Schwefelsäure oder durch Schwefelwasserstoff abscheidet. In beiden Fällen erhält man ein gleichstarkes Bleipräparat. In gleicher Weise ist die Abscheidung von Wismut [2]) aus einer Uransalzlösung als Sulfid oder als Oxychlorid ganz ohne Einfluss auf die induzierte Aktivität. Selbst eine wiederholte chemische Umsetzung des induzierten Stoffes, wie Auflösen und Wiederausfällen als Sulfid oder Metall vermag keine erhebliche Abnahme der Aktivität herbeizuführen. So zeigten die vom aktivierenden Wismut-Polonium durch Reduktion als Metalle abgeschiedenen Platinmetalle [3]) nach dem Wiederauflösen in Säuren, Eindampfen, Auskochen mit Wasser und Fällen als Sulfide kaum eine merkbare Aenderung der α-Wirkung. Es erwies sich ferner die Reihenfolge [4]) in der Abscheidung zweier oder mehrerer Salze aus einer aktiven Lösung inbezug auf den Grad der Aktivierung durchaus gleichgültig.

5) Die in Lösung bewirkte Aktivierung wird sehr wahrscheinlich durch stoffliche Gebilde [5]) vermittelt, die von den primär aktiven Körpern ausgehend, an

1) Siehe Seite 43 u. 44.
2) Siehe Seite 35.
3) Siehe Seite 61 u. ff.
4) Siehe Seite 47 u. 48.
5) Siehe Compt. Rend. 130 p. 1584; 131 p. 137; 133 p. 977.

den Metallionen oder Atomen und deren Verbindungen haften bleiben, nicht jedoch auf Anionen übertragbar sind, da negativ elektrische Elemente [1]) sich nicht aktivieren lassen. Wollte man die Aktivierungen lediglich auf energetische Vorgänge zurückführen, so müssten mehrere Energieformen angenommen werden, da α- und β-Strahlung nicht in einander überführbar sind und ein und dasselbe Metall [2]) durch die verschiedenen gleich intensiven Aktivitätsquellen bei gleicher Abscheidungsweise sehr verschiedenartig aktiviert wird.

6) Da die Wirkungsdauer der in Lösung aktivierten Stoffe nach Monaten und in einigen Fällen nach Jahren zu bemessen ist, und sich zudem eine spezifisch auswählende Affinität hinsichtlich der induzierbaren Elemente nachweisen lässt, scheinen die die Aktivität übermittelnden Teilchen nicht identisch zu sein mit den im Gaszustande bekannten, schnell unwirksam werdenden und chemisch indifferenten Emanationen. Die Aktivität des Urans [3]) zum Beispiel ist besonders leicht auf Baryum, diejenige des Radiobleis [4]) und des radioaktiven Wismuts [5]) auf die Platinmetalle übertragbar, während nach v. Lerch [6]) die durch gasförmige Emanation bewirkte Aktivität auf alle Stoffe überführbar ist.

7) Den in Lösung aktivierenden Gebilden kommt ein analytisch chemischer Charakter nach Art eines selbständigen Atoms oder Moleküls nicht zu, da sonst

1) Siehe Seite 55 und 56.
2) Siehe Seite 47 unten und Seite 67 unten.
3) Siehe Seite 48.
4) Siehe Seite 54 u. ff.
5) Siehe Seite 60 u. ff.
6) Ann. der Physik [4] 12 p. 745 (1903).

bei Anwendung ein und derselben Fällungsmethode in Aktivierungsversuchen die verschiedenen ausgefällten Stoffe gleichermassen aktiviert werden müssten. Wenn zum Beispiel die Aktivierung von Blei durch Uran darin bestände, dass bei der Fällung des Bleis durch Schwefelwasserstoff oder Schwefelsäure ein aus dem Uran stammendes aktivierendes x als Sulfid oder Sulfat neben den Bleiverbindungen abgeschieden würde, dem resultierenden Bleisulfid oder Sulfat infolgedessen beigemengt wäre, so müsste auch bei der Fällung des Palladiums als Sulfid aus einer Uranylchlorid-Palladiumchloridlösung das Palladium ebenfalls das fragliche x als Sulfid beigemischt enthalten und dadurch die gleiche Strahlungsintensität aufweisen wie das Bleisulfid. Ebenso müssten Ferrooxalat und die Oxalate seltener Erden oder Wismut und Quecksilber, als Sulfid aus Uranlösungen abgeschieden, gleich stark aktiv sein. Dies trifft jedoch nicht zu; denn Ferrooxalat wird nach Zerban [1]) fast inaktiv, die seltenen Erden dagegen kräftig aktiv gefällt und während Wismut [2]) imstande ist, Uransalz vorübergehend zu entaktivieren, kann bei Quecksilbersulfid [3]) kaum eine Induktion nachgewiesen werden.

8) Die induzierenden Eigenschaften von Radioblei, Wismut-Polonium und Radiotellur sind so grundverschieden von denjenigen des Urans und des Radiums, dass eine Induktion dieser drei Stoffe durch Uran oder Radium wohl ausgeschlossen erscheint. Dagegen stimmen Radioblei, Wismut-Polonium und Radiotellur in ihren Aktivitäten soweit überein, dass man mit Debièrne wohl glauben kann, diesen drei

1) Inauguraldissertation: Ueber das radioaktive Thorium (1903).
2) Siehe Seite 35 u. ff.
3) Siehe Seite 45.

Stoffen liegt die gleiche Aktivität zu Grunde. Indessen kann von den obenerwähnten Substanzen nur das Radioblei [1]) als primär aktiver Stoff in Betracht kommen, da dieses sowohl Wismut als auch Tellur sehr stark zu aktivieren vermag, dabei aber nur vorübergehend geschwächt wird und nach einigen Wochen seine frühere Aktivität wieder erlangt. Radioaktives Wismut-Polonium [2]) dagegen und Radiotellur [3]) nehmen bei längerem Aufbewahren in ihrer Aktivität beständig ab und erlangen, falls diese Abnahme durch Entaktivieren mittels Palladium beschleunigt wird, ihre anfängliche Aktivität nicht wieder. Um speziell für Wismut-Polonium den Nachweis führen zu können, dass dieser Körper keinen primär aktiven Stoff enthält, wurden ausgedehnte Versuche unternommen. Es gelang nicht, durch fraktionierte Krystallisation der von mir neu aufgefundenen Wismut-Thiocarbamide [4]) aus dem Polonium dauernd aktive Präparate zu erzielen. Alle aktiven Wismutpräparate verloren nach ihrer Trennung und Abscheidung aus der Uranpechblende sehr bald ihre β-Strahlung und liessen ein stetiges, wenn auch langsames Schwinden der α-Strahlung erkennen.

1) Siehe Seite 35 u. ff.
2) Siehe Seite 29 u. ff.
3) Siehe Seite 32.
4) Siehe Seite 18 u. ff.

Experimenteller Teil.

Zur Erkennung und zum Nachweis der Becquerelstrahlen benützt man gewöhnlich das Elektroskop und die photographische Platte. Wir bedienten uns zur Messung der α-Strahlung eines Elektroskops, das nach Angabe von Elster und Geitel von der Firma Günther & Tegetmeyer in Braunschweig angefertigt wurde. Erteilte man durch eine Zambonische Säule dem Elektroskop, auf dessen Metallplatte der zu prüfende Körper aufgelegt wurde, negative Ladung, so konnte infolge der grösseren oder geringeren Jonisation der Luft ein schnelleres oder langsameres Zusammenfallen der Elektroskopblättchen beobachtet werden. Wir brachten die Zeit in Anrechnung, die einer Potentialverminderung von 120—130 Volt entsprach. Als Vergleichssubstanz wurde Uranoxydul-oxyd benutzt und dessen Entladungszeit am Elektroskop für die gleiche Ausschlagsdifferenz bestimmt. Bei dem Nachweis der β-Strahlung erwiesen sich Schleussnerplatten als genügend empfindlich, seltener gebrauchten wir solche von Lumière. Die verschiedenen Medien, deren Durchlässigkeit für β-Strahlen zu untersuchen war, legten wir direkt auf die Schichtseite der Platte und liessen ungefähr 10 –20 Stunden die aktiven Präparate darauf einwirken.

Zur Gewinnung aktiver Wismut- und Tellurver-

bindungen benützten wir die technischen Rückstände der Joachimsthaler Uranpechblende. Das Uranpecherz besteht zum grössten Teile aus uransaurem Uranoxydul, verunreinigt durch kleinere Mengen Arsen, Antimon, Blei, Kupfer, Eisen, Wismut, Aluminium, sowie Erdalkalien, und enthält in Spuren noch eine grosse Anzahl anderer Stoffe, unter anderem Tellur, Molybdän, Kobalt, Mangan und Nickel. Technisch wird aus dem Mineral die Hauptmenge Uran durch Lösen in Salpetersäure und Auskrystallisierenlassen als Nitrat gewonnen. Um die Ausbeute an Uran noch rentabler zu gestalten, versetzt man das Filtrat mit überschüssiger Sodalösung, wodurch noch die letzten Reste von Uransalz in Lösung gehalten, während die Schwermetalle als Karbonate gefällt werden. Diese als Karbonate oder Hydroxyde vorliegende Sodarückstände wurden mit Schwefelsäure und Salzsäure zu einem Brei angerührt, mit verdünnter Salzsäure teilweise in Lösung gebracht, wobei Blei und die alkalischen Erden, wie das radiumhaltige Baryum, Calcium und Strontium als Sulfate im Rückstande verblieben, während Eisen, Arsen, Antimon, Wismut und viele andere Metallsalze in Lösung gingen. Zwecks Trennung mit Schwefelwasserstoff war eine Ueberführung der Salze in Chloride nötig. Aus diesem Grunde fällte ich die Lösung mit Ammoniak und löste den Filterrückstand nach dem Auswaschen mit ammoniakalichem Wasser in Salzsäure auf. Durch Behandeln der Flüssigkeit mit Ammoniak waren Kupfer und Cobalt im wesentlichen als komplexe Amine in Lösung gebracht und von den übrigen Metallsalzen getrennt worden. In die salzsaure Lösung wurde, um Eisen und Uransalz zu entfernen, Schwefelwasserstoff bis zur vollkommenen Sättigung eingeleitet. Nach öfterem Auswaschen der

Schwefelwasserstofffällung mit salzsäurehaltigem Schwefelwasserstoffwasser liess ich die Sulfide längere Zeit unter schwachem Erwärmen in überschüssigem Schwefel-Ammonium stehen. Arsen-, Antimon und Zinnsulfid wurden als Sulfosalze gelöst. Um jedoch die restierenden Sulfide vollkommen frei von letztgenannten Elementen zu erhalten, musste obiger Prozess mehrmals wiederholt werden. Die Schwefelwasserstofffällung löste ich alsdann in einem Gemenge von Salpetersäure und Salzsäure, fällte wiederum die Lösung mit Ammoniak, um noch die letzten Spuren Kupferzalz zu entfernen, und führte darauf den Ammoniakniederschlag, der im wesentlichen aus basischem Wismutsalz bestand, durch Lösen in Salzsäure in Chlorid über. Aus der salzsauren Lösung, unserem Ausgangsprodukt für die Gewinnung von aktivem Wismut und Tellur konnten jene beiden Elemente auf verschiedene Art und Weise abgeschieden werden. Als einfachste Methode kann man nach Abstumpfung der freien Säure mit Ammoniak die Fällung der salzsauren Lösung mit viel Wasser gelten lassen. In dem zuerst zur Abscheidung gelangenden Teile ist stets die Aktivität angereichert. Dieselbe lässt sich durch fraktionierte Fällungen noch weiter konzentrieren. Zur vollkommenen Reinigung und Trennung von Blei ist es jedoch nötig, die Wismutpräparate nochmals mit verdünnter Salzsäure aufzunehmen, mit Wasser mehrmals einzudampfen und mit heissem Wasser zu extrahieren. Blei geht hierbei als Chlorid in Lösung, während Wismut als basisches Salz im Rückstande verbleibt. Aeusserst stark aktives Wismut schlug sich beim Eintauchen eines blanken Bleibleches in die salzsaure Lösung von Wismutsalz als schwarze sammetartige Masse an dem Metallstücke nieder und

konnte nach dem Trocknen mit Alkohol und Aether leicht von dem Bleche losgetrennt werden. Auch eine Reduktion der Metallsalzverbindung zu Metall auf chemisch analytischem Wege mittels Hydrazinsulfat, Alkali und Weinsäure ergab nach mehrtägigem Erhitzen auf dem Wasserbade ein befriedigendes Resultat, indem ein schwarzes Pulver ausfiel, welches am Elektroskop kräftig zerstreuend wirkte. Schliesslich ist noch erwähnenswert, dass beim Kochen einer aktiven Wismutnatriumthiosulfatlösung das sich zuerst ausscheidende Wismutsulfid sich stark radioaktiv zeigte und dass sich auf diesem Verhalten eine Methode zur Gewinnung stärkst aktiver Wismutpräparate gründen lässt. Aus den bisher beschriebenen Methoden zur Abscheidung aktiver Wismutsalze ist zu schliessen, dass die Aktivität in Wismutverbindungen allgemein durch fraktionierte Fällung in den ersten Partien der Abscheidung angehäuft wird.

Wie in der Einleitung bereits angedeutet wurde, zog ich das Radio-Tellur Marckwalds, das mit Wismutsalz vereint auftritt und schwer von diesem zu trennen ist, noch in meine Untersuchungen. Durch Einsenken eines blank polierten Wismutstabes in eine aktive Wismutsalzlösung erhält man nach Marckwald[1]) einen leichten Anflug eines äusserst stark aktiven Stoffes, der bei längerem Verweilen des Stabes in der Flüssigkeit quantitativ an dem Metallstück sich niederschlägt. Während der Stab schon auf 8—10 cm Entfernung am Elektroskop sofortige Entladung herbeiführt, hat das in Lösung befindliche Salz jede Strahlungsintensität eingebüsst, es wurde dauernd entaktiviert. Nach einer anderen Methode[2]) lässt sich

1) Ber. d. chem. Ges. 35 Seite 2285.

2) Ber. d. chem. Ges. 19 Seite 4239.

das Radiotellur aus salzsaurer Lösung mittels Zinnchlorür bei längerem Kochen in schwarzen Flocken abscheiden.

Sowohl das Wismut-Polonium als auch das Radiotellur Marckwalds zeichnete sich bis jetzt von den einfachen Metallen Wismut und Tellur nur durch die ihnen anhaftende Radioaktivität und die Schwerlöslichkeit ihrer Salze aus.

Da die einfachen Salze des Wismuts, das Chlorid, Nitrat und Sulfat zu sehr zur Bildung basischer, in Wasser unlöslicher Niederschläge neigen, wurden, um das Wismut in krystallisierte Verbindungen überzuführen, und so durch fraktionierte Krystallisation über die zusammengesetzte oder einfache Natur des Wismut-Poloniums Aufschluss zu erhalten, die bisher unbekannten Thioharnstoffsalze des Wismuts dargestellt, deren Beschreibung kurz in folgendem wiedergegeben werden mag.

Setzt man zu einer alkoholischen Aufschlämmung von krystallisierten Wismutnitrat (im Ueberschuss) unter Umrühren eine gesättigte alkoholische Thioharnstofflösung, so tritt schon in der Kälte ein Umsatz ein. Aus der gelbgrünen, filtrierten, alkoholischen Flüssigkeit scheiden sich beim Verdunsten über Schwefelsäure zitronengelbe Blättchen aus, die mit Alkohol gewaschen, auf Thon gepresst und sodann im Vacuum getrocknet wurden. Die Analyse dieses Salzes ergab folgendes Resultat.

Aus 0,1524 gr Subst. 0,1908 gr $BaSO_4$
Aus 0,1524 » » 0,0678 » Bi_2S_3
1) Aus 0,1422 » » 24,6 ccm N (1 l = 1,1164 gr)
2) Aus 0,1779 » » 31,2 » N (1 l = 1,1074 gr)
Aus 0,1398 » » 0,0314 gr CO_2
Aus 0,1086 » » 0,0202 » H_2O

$BiC_3S_3N_8H_{13}O_7$.

Berechnet:	Gefunden:
Bi = 36,08 %	Bi = 36,15 %
C = 6,23 %	C = 6,12 %
S = 16,64 %	S = 17,10 %
N = 19,38 %	N = 19,31 % u. N_2 = 19,42 %
H = 2,27 %	H = 2,09 %.

Nach diesem Analysenergebnis kann man das Salz auffassen als eine Molekülverbindung von basischem Wismutnitrat mit drei Molekülen Thioharnstoff, entsprechend der Formel

$$Bi(CSN_2H_4)_3\overset{OH}{(NO_3)_2}$$

Dieses Salz löste sich leicht in wenig Wasser, ebenso in verdünnter Salzsäure zu einer gelben Flüssigkeit, die bei weiterem Verdünnen farblos wurde. Ammoniak oder Natronlauge brachten in der wässrigen Lösung einen schwach gelb gefärbten Niederschlag hervor, der sich beim Erwärmen rot und dann tiefbraun färbte. Setzte man zur wässrigen Lösung ein wenig Kochsalz, so entstand eine zitronengelbe Fällung, die bei überschüssigem Chlornatrium wieder verschwand. Erwärmte man die Mischung von kristallisiertem Wismutnitrat mit Alkohol auf zirka 70° und fügte unter fortwährendem Umrühren soviel Sulfoharnstoff zu, bis eine klare dunkelrote Lösung entstand, so erhielt man nach dem Abkühlen prächtig rotgefärbte prismatische Kristalle des triklinen Systems. Die Analyse der mit absolutem Alkohol gewaschenen und im Vacuum getrockneten Substanz lieferte folgende Zahlen:

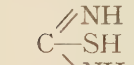
0,1220 gr	Substanz	ergaben	0,1777 gr	$BaSO_4$
0,1410 »	»	»	0,2060 »	$BaSO_4$
0,1410 »	»	»	0,0571 »	Bi_2S_3

0,1432 gr Subst. ergaben 28,8 ccm N (1 l = 1,1442 gr)
0,1212 » » » 0,0360 gr CO_2
0,1212 » » » 0,0342 » H_2O.

$BiC_4S_4N_{10}H_{15}O_6$.

Berechnet:	Gefunden:
Bi = 32,79 %	Bi = 32,91 %
C = 7,548 %	C = 8,10 %
S = 20,16 %	S = 20,01 % u. 20,06 %
N = 22,06 %	N = 22,41 %
H = 2,38 %	H = 3,13 %.

Darnach erscheint diese Verbindung als ein Salz der vorhergehenden insofern als die Wismuthydroxylgruppe des obengenannten Salzes mit einem Molekül Thioharnstoff von der tautomeren Form



unter Wasseraustritt reagiert hat, entsprechend der Formel:

$Bi(CSN_2H_4)_3(NO_3)_2CSN_2H_3$.

Die roten Kristalle lösten sich in warmem Wasser mit gelber Farbe. Auf Zusatz von wenig Chlornatrium entstand wiederum ein gelber Niederschlag, der im Ueberschuss dieses Salzes unter Entfärbung verschwand. Kochte man die wässrige Lösung, so trat allmählich eine Trübung auf, die schliesslich als Wismutsulfid niederfiel.

Bringt man das Wismutnitrat bei Gegenwart von Wasser, also ein Gemisch von basischem Nitrat und saurer Lösung mit einer hinreichenden Menge von Thioharnstoff zusammen, so löst sich, besonders beim Erwärmen auf ungefähr 80° das basische Salz auf, und aus dem tiefroten Filtrat scheiden sich beim Verdunsten im Vacuum rotgefärbte, schön ausgebildete Kristalle des triklinen Systems vom Habitus des

Kupfervitriols ab. Diese wurden zur Entfernung kleiner Schwefelteilchen mit absolutem Alkohol und Schwefelkohlenstoff gewaschen und darnach auf porösem Thon in Vacuum getrocknet.

Die Analyse dieser Verbindung hatte folgendes Ergebnis:

0,1518 gr Subst. ergaben 0,0544 gr Bi_2S_3
0,2448 » » » 0,0846 » Bi_2S_3
0,2105 » » » 42,2 ccm N (1 l = 1,1226 gr)
0,1594 » » » 32 » N (1 l = 1,1105 gr)
0,2530 » » » 0,0788 gr CO_2
0,2530 » » » 0,0580 gr H_2O.

$BiC_5S_5N_{12}O_7H_{21}$.

Berechnet:	Gefunden:
Bi = 28,56 %	Bi_1 = 29,12 % . Bi_2 = 29,14 %
C = 8,22 %	C = 8,49 %
N = 23,07 %	N_1 = 22,50 % . N_2 = 22,29 %
H = 2,90 %	H = 2,57 %.

Da diese Verbindung in wässriger Lösung entsteht, so ist anzunehmen, dass ein mit 5 Molekeln Sulfoharnstoff vereinigtes basisches Nitrat vorliegt, im Sinne der Formel:

$$Bi(CSN_2H_4)_5(NO_3)_2OH.$$

Aehnlich dem Wismutnitrat verhält sich auch das Chlorid in alkoholiger oder wässriger Mischung gegen Thioharnstoff.

In absolutem Alkohol bildete sich eine anfangs gelbgrüne, dann orangefarbene Lösung, aus der alsbald kleine gelbe Rosetten ausfielen. Diese entfernt man, um Beimengung von später auftretenden roten, kugelig vereinten Nadeln zu vermeiden, möglichst bald aus der Flüssigkeit und wäscht letztere mit kaltem absolutem Alkohol fort.

Zur Analyse wurde die vacuumtrockene Substanz verwendet und folgendes Resultat erzielt:

0,2169 gr angew. Subst. erg. 0,1181 gr Bi_2S_3
0,1216 » » » » 0,0678 » Bi_2S_3
0,2030 » » » » 0,0437 » CO_2
0,2030 » » » » 0,0371 » H_2O
0,1917 » » » » 0,2143 » $BaSO_4$
0,1216 » » » » 0,1408 » $BaSO_4$
0,1266 » » » » 0,1163 » AgCl
0,1320 » » » » 14,7 ccm N (1 l = 1,1078 gr)
0,2272 » » » » 25,2 ccm N (1 l = 1,1045 gr).

$BiC_2S_2N_4H_8Cl_3$.

Berechnet:	Gefunden:
Bi = 44,64 %	Bi = 44,29 % u. 45,3 %
C = 5,139 %	C = 5,87 %
H = 1,73 %	H = 2,05 %
N = 11,99 %	N = 12,25 % u. 12,33 %
Cl = 22,77 %	Cl = 22,71 %.

Nach Bildungsweise und Zusammensetzung enthält diese Substanz ein Molekül Wismutchlorid mit 2 Molekülen Thioharnstoff verbunden, entsprechend der Formel:

$Bi(CSN_2H_4)_2Cl_3$.

Die Tatsache, dass hier das Wismut nicht als basisches Salz, sondern als normales Chlorid auftritt, ist wenig auffällig, da ja die Bildung in alkoholischer Lösung erfolgte; dass jedoch auch in wässriger Mischung die ausgesprochene Tendenz des Wismutchlorides zur Hydrolyse durch Thioharnstoff aufgehoben wird, ist höchst merkwürdig.

Setzte man nämlich zu der aus Oxychlorid und saurer Lösung bestehenden Aufschlämmung des Wismutchlorides in Wasser unter Erwärmen und Umrühren Thioharnstoff, so erhielt man eine tiefrote Lösung, aus der beim Verdunsten im Vacuum über Schwefel-

säure sich prächtig rot schillernde, doppelt brechende Kriställchen des monoklinen Systems abschieden, denen sich später gelbe Körnchen beimengten. Diese wurden durch warmen Eisessig entfernt und die roten Kristalle in Vacuum getrocknet.

Das Analysenresultat war folgendes:

0,2384 gr Subst. ergaben 0,1132 gr Bi_2S_3
0,1478 » » » 0,0382 » CO_2
0,1478 » » » 0,0304 » H_2O
0,1154 » » » 0,1444 » $BaSO_4$
0,2384 » » » 0,1870 » AgCl
0,1466 » » » 20,8 ccm N (1 l = 1,1029 gr).

$BiC_3S_3N_6H_{12}Cl_3$.

Berechnet:	Gefunden:
Bi = 38,39 %	Bi = 38,59 %
C = 6,63 %	C = 7,05 %
S = 17,70 %	S = 17,18 %
Cl = 19,58 %	Cl = 19,39 %
N = 15,46 %	N = 15,65 %
H = 2,23 %	H = 2,31 %.

Trotzdem dieses Salz in wässriger Lösung entstand, enthält es doch das normale Wismutchlorid, verbunden mit 3 Molekeln Thioharnstoff nach der Formel:

$Bi(CSN_2H_4)_3Cl_3$.

Die beiden soeben beschriebenen Wismutverbindungen waren in Alkohol und Wasser so gut wie unlöslich, wurden aber von verdünnter Salzsäure mit grünlichgelber Färbung aufgelöst. Diese verschwand auf Zusatz von rauchender Salzsäure und trat beim Verdünnen mit Wasser wieder auf.

Da beim Schmelzen von Rhodanammonium sich Thioharnstoff bildet, so konnte man vermuten, dass die soeben beschriebenen Wismutthiocarbamide auch

aus den Gemischen von Wismutsalzen und Rhodanammonium bei höherer Temperatur entstehen. Indessen hatten die ausgeführten Versuche nicht das gewünschte Resultat. Wir erhielten als Endprodukt einen prächtig rotgefärbten, amorphen Körper, dessen Gewinnung und Untersuchung in folgendem kurz zusammengefasst ist.

Wir fügten zu 5 gr geschmolzenem Rhodanammonium allmählich ca. 9 gr kristallisiertes Wismutnitrat. Die tiefrot gefärbte Schmelze wurde mit absolutem Alkohol zu einem dünnen Brei angerührt, von ausgeschiedenen Nadeln abfiltriert und als purpurrote Flüssigkeit ungefähr 3 Tage am Rückflusskühler zum Sieden erhitzt. Die zugleich bei Beginn des Erwärmens auftretende Trübung, herrührend von gelblichen Flocken, nahm allmählich unter langsamem Wechsel der Farbe zu. Diese ging über Orange in ein kräftiges Dunkelrot über und veränderte sich alsdann bei weiterem Erhitzen mit Alkohol nicht mehr. Unter dem Mikroskope untersucht, zeigte sich das rote Produkt als einheitlich amorph und wenig verunreinigt durch gelbe Partikelchen, die sich als noch nicht umgesetzt von der Wandung des Kolbens losgelöst hatten und leicht von der Substanz mittels Filtrieren durch ein Coliertuch zu entfernen waren. Die grösseren, gelben Teilchen wurden auf dem Tuche zurückgehalten, während die feinpulverige rote Masse ins Filtrat überging. Nachdem letztere auf einem dichten Papierfilter gesammelt, mit Alkohol und Aether ausgewaschen und 24 Stunden im Vacuumexsiccator getrocknet worden war, führte ich eine Analyse dieser Substanz aus.

Analysenresultat;

0,1222 gr. Substanz ergaben 0,1053 gr Bi_2S_3

0,1318 » » » 0,2090 » $BaSO_4$

(nach Carius im Einschmelzrohr 5 Stunden auf 250° erhitzt).

0,1827 gr Substanz ergaben 8 ccm N (1 l = 1,1108 gr).

Berechnet für $BiCNS_2$:	Gefunden:
Bi = 69,81 %	Bi = 69,95 %
S = 21,47 %	S = 21,77 %
N = 4,7 %	N = 4,8 %

Auf Grund der folgenden Reaktionen ergab sich für die empirische Formel; $BiCNS_2$ die Konstitution:

$$Bi\begin{matrix}\diagup\!\!\diagup S \\ \diagdown CNS\end{matrix} \text{ analog } Bi\begin{matrix}\diagup\!\!\diagup O \\ \diagdown OH.\end{matrix}$$

Mit verdünnten oder konzentrierten Säuren erwärmt, zersetzte sich die Substanz unter Entwickeln von Schwefelwasserstoff, während beim Versetzen der sauren Lösung mit Eisenchlorid Rhodan als Ferrirhodanid sich nachweisen liess. Das gleiche Resultat lieferte Erwärmen der Verbindung mit Natronlauge. Wismut schied sich bei dieser Behandlungsweise als Sulfid ab, und eine Prüfung des Filtrats ergab das Vorhandensein von Rhodannatrium.

Wir hatten die kristallisierten Wismutverbindungen hergestellt in der Absicht, eine Trennung von dem Wismut-Polonium der Curies zu ermöglichen. Indessen alle unsere Versuche, die dieses Ziel im Auge hatten, verliefen insofern negativ, als es uns nicht gelang, die Aktivität in irgend einer Partie anzureichern. Es sei hier sogleich betont, dass das aus Uranpechblende gewonnene und isolierte aktive Wismut sich in seinen qualitativen Eigenschaften nicht von dem inaktiven Wismut unterscheidet und es bis jetzt nicht gelungen ist, einen Unterschied in dem

stets sehr empfindlichen Funkenspektrum, noch sonst ein charakteristisches Abweichen im chemischen Verhalten festzustellen.

Auch das Radiotellur Marckwalds[1]) hat nach den bis jetzt ausgeführten Versuchen noch keinen sicheren Anhaltspunkt für die Annahme eines neuen Elementes im Radiotellur ergeben. War auch die aus den Wismutsalzlösungen mit Zinnchlorür ausgeschiedene Menge Tellur sehr gering, so gelang es uns doch, den Nachweis von dem Vorhandensein des Tellur zu bringen. Das schwarze Pulver löste sich nämlich in konzentrierter Schwefelsäure mit purpurroter Farbe zu Tellurschwefelsäure auf. Die rote Färbung verschwand analog wie bei Tellur beim Erwärmen der Lösung unter gleichzeitiger Trübung derselben. Zinnchlorür, ferner schweflige Säure schieden Tellur aus verdünnt salzsaurer Lösung als schwarze schwammige Masse aus, und die Flammenfärbung sowie das Spektrum dieser Substanz waren das gleiche des gewöhnlichen Tellurs.

Durch Eintauchen eines blanken Wismutstabes in eine aktive Wismut-Poloniumsalzlösung trat an dem Metallstück eine Schwärzung auf. Nach den Untersuchungen Marckwalds ist dieser Anflug, der durch mancherlei andere Stoffe noch verunreinigt ist, mit dem aus saurer Lösung durch Zinnchlorür gefällten schwarzen Niederschlag identisch. Jedoch auch gewöhnliches inaktives Tellur wird aus salzsaurer Lösung sowohl durch Zinnchlorür wie durch metallisches Wismut abgeschieden.

Der einzige Unterschied des Wismut-Poloniums von gewöhnlichem Wismut und des Radiotellur von

1) Chem. Ber. 36 Seite 2662.

Tellur besteht also, abgesehen von der Schwerlöslichkeit der basischen Salze, nur in der diesen Stoffen anhaftenden Aktivität, und auch diese ist im Gegensatze zu den primär aktiven Stoffen Uran, Radium und Radioblei nicht konstant, sondern wie eine Reihe von Beobachtungen innerhalb zweier Jahre übereinstimmend mit den Resultaten von S. Curie[1]) und Giesel[2]) zeigte, vergänglich und im steten Abnehmen begriffen. Wird diese Aktivitätsabnahme durch Entaktivieren zum Beispiel mittels Palladium beschleunigt, so erlangt Wismut im Gegensatze zu den primär aktiven Stoffen die ursprüngliche Aktivität nicht wieder.

Das Auftreten des dunklen Beschlags am Wismutstabe ist von gewissen Versuchsbedingungen abhängig. In äusserst sorgfältig gereinigten Lösungen nämlich bleibt das Metallstück vollkommen blank, wird aber trotzdem so stark α aktiv, dass ein Sidot'scher Blende- oder Baryumplatincyanürschirm zu hellem Aufleuchten erregt wird. Das Ausbleiben einer Fällung mit Zinnchlorür aus saurer Lösung, ebenso wie das Nichtauftreten eines dunklen Beschlages beim Eintauchen eines Wismutstabes werden bedingt durch die Leichtlöslichkeit von Tellurschwefel in Schwefelammonium. Wurde bei Darstellung der aktiven Präparate die Schwefelwasserstofffällung öfters und längere Zeit mit Schwefelammonium in der Wärme digeriert, so ging Tellur in Lösung, konnte also im Rückstand nicht mehr nachgewiesen werden.

Da allgemein nach direkter Abscheidung aktiver Wismutsalze aus dem Ausgangsmaterial neben der

---

1) Comptes Rendues 2 (1902).

2) Ber. d. chem. Ges. 34 Seite 3772.

leicht durch die dünnsten Schichten absorbierbaren, die Luft stark ionisierenden α-Strahlung auch noch eine, die verschiedensten Medien durchdringende, im Magnetfelde stark ablenkbare Strahlengattung, die β-Strahlen, auftreten, hielt man bis vor kurzem das aktive Polonium für α- und β-aktiv. In gewissen Zeiträumen angestellte Untersuchungen liessen aber darüber keinen Zweifel, dass die durchdringende β-Strahlung eine bald vergängliche, von primär aktiven Körpern übertragene, induzierte Aktivität sei. Denn schon nach mehrwöchentlichem Aufbewahren hatte das α- und β-aktive Wismutsalz analog der durch Radioblei aktivierten Verbindungen seine β-Aktivität vollkommen eingebüsst. Um die Abnahme des photographischen Effekts anschaulich darzustellen, habe ich zwei Kopien angefertigt. Figur 1 stellt die Einwirkung des Wismutpräparates unmittelbar nach der Abscheidung durch doppeltes schwarzes, lichtundurchlässiges Papier dar, Figur 2 diejenige derselben Substanz nach ungefähr sechswöchentlichem Aufbewahren durch einfach schwarzes Papier.

In der zerstreuenden Wirkung am geladenen Elektroskop war während dieser Zeit keine Abnahme zu konstatieren. Man könnte hieraus vielleicht den Schluss ziehen, dass die α-Strahlung dem Wismut-Polonium innewohnend, das Polonium also ein primär α-aktiver Stoff sei. Diese Folgerung wird aber bald als irrig zu betrachten sein, wenn die grosse Anzahl von Messungen, die innerhalb zweier Jahre an Wismut-Poloniumpräparaten vorgenommen wurden, und die ein stetiges, oft zwar erst nach Verlauf einiger Monate bemerkbares Abnehmen der α-Strahlung erkennen lassen, in Augenschein genommen werden.

Figur 1.

Figur 2.

Feststellung der Aktivitätsabnahme von Wismutsalzen durch Elektroskopmessungen.

Präparat 1 entlud das Elektroskop

am 31. Juli 1902: in 13″ (Elektroskop ohne aktive Substanz 6′35″)

am 27. Januar 1904: in 23″ (Elektroskop ohne aktive Substanz 2′47″)

Präparat 2 entlud das Elektroskop

am 31. Juli 1902: in 3″ (Elektr. ohne akt. Subst. 6′35″)
» 14. März 1903: » 13″ » » » » 4′57″)
» 31. Juli 1903: » 30″ » » » » 1′37″)
» 21. Okt. 1903: » 54″ « » » » 3′50″)
» 22. Jan. 1904: » 1′22″ » » » » 2′40″)

Präparat 3 entlud das Elektroskop

am 29. Juli 1902: in 4″ (Elektr. ohne akt. Subst. 8′)
» 28. Febr. 1903: » 25″ » » » » 2′20″)
» 12. März 1903: » 40″ » » » » 3′35″)

Präparat 4 entlud das Elektroskop

am 29. Juli 1902: in 3″ (Elektr. ohne akt. Subst. 8′)
» 31. Juli 1903: » 1′15″ » » » » 1′37″)
» 28. Okt. 1903: » 2′27″ » » » » 4′5″)
» 21. Jan. 1904: » 2′38″ » » » » 2′40″)

Präparat 5 entlud am Elektroskop

am 29. Juli 1902: in 3″ (Elektr. ohne akt. Subst. 8′)
» 31. Juli 1903: » 1′ » » » » 1′35″)
» 21. Jan. 1904: » 1′30″ » » » » 2′40″)

Präparat 6 entlud am Elektroskop

am 12. März 1903: in 32″ (Elektroskop leer 3′35″)
» 8. Mai 1903: » 48″ » » 3′40″)
» 13. Febr. 1904: » 2′4″ » » 3′)

Präparat 7 entlud am Elektroskop

am 14. März 1903: in 58″ (Elektroskop leer 4′57″)
» 5. Febr. 1904: » 1′35″ » » 2′18″)

Präparat 8 entlud am Elektroskop

am 29. Juni 1902: in 4″ (Elektroskop leer 8′)
» 31. Juni 1903: in 59″ » » 1′37″)
» 5. Febr. 1904: in 1′28″ » » 2′18)

Abnahme der Aktivität von metallischem Wismut, das an in Lösung eingetauchten Bleiblechen sich niederschlug.

Bleiblech 1 entlud das Elektroskop

am 11. Febr. 1903: in 1,5″ (Elektroskop leer 4′50″)
» 6. Mai 1903: » 3″ » » 3′48″)
» 21. Okt. 1903: » 7″ » » 4′4″)
» 11. Febr. 1904: » 22″ » » 4′18″)

Bleiblech Nr. 2 entlud

am 11. Febr. 1903: in 3,5″ (Elektroskop leer 4′50″)
21. Okt. 1903: » 17″ » » 4′4″)
» 11. Febr. 1904: » 40″ » » 4′18″)

Die Elektroskopentladung betrug für Bleiblech 3

am 11. März 1903: in 3,5″ (Elektroskop leer 3′35″)
» 6. Mai 1903: » 4,5″ » » 3′48″)
22. Okt. 1903: » 15″ » » 3′45″)

Bleiblech 4

am 11. März 1903: in 9″ (Elektroskop leer 3′35″)
» 6. Mai 1903: » 11″ » » 3′48″)
» 31. Juni 1903: » 17″ » » 1′40″)
» 22. Okt. 1903: » 26″ » » 3′45″)
» 10. Febr. 1904: » 45″ » » 4′25″)

Bleiblech 5

am 31. Juni 1903: in 16″ (Elektroskop leer 1′40″)
» 10. Febr. 1904: » 48″ » » 4′15″)

Bleiblech 6

am 31. Juni 1903: in 15″ (Elektroskop leer 1′40″)
» 10. Febr. 1904: » 50″ » » 4′15)

Abnahme der Aktivität (α-Strahlung) an den nach Marckwalds Methode hergestellten Wismut-Poloniumstäben.

Stab 1

am 11. März 1903: in 1,5″ (Elektroskop leer 2′10″)

Elektroskopentladung durch Stab 1

am 6. Mai 1903: in 2″ (Elektroskop leer 3′48″)
» 31. Juli 1903: » 5,5″ » » 1′40″)
» 21. Okt. 1903: » 8″ » » 4′5″)
» 21. Jan. 1904: » 18″ » » 1′30″)

Elektroskopentladung durch Stab 2

am 12. März 1903: in 0,5″ (Elektroskopentlad. leer 3′35″)
» 31. Juli 1903: » 0,5″ » » 1′40″)
» 22. Okt. 1903: » 3″ » » 3′15″)
» 1. Febr. 1904: » 6″ » » 3′15″)

Sogar an Marckwalds Radiotellur, in welchem der Entdecker einen primär α-aktiven Stoff isoliert zu haben glaubte, konnten wir ein andauerndes, wenn auch sehr langsames Schwinden der Aktivität feststellen.

Das Radiotellur entlud am Elektroskop

am 23. Jan. 1903: in 6″ (Elektroskop leer 2′47″)
» 14. März 1903: » 11″ » » 4′57″)
» 21. Okt. 1903: » 23″ » » 3′50″)

Die Aktivitätsabnahme lässt sich bei Wismut-Poloniumpräparaten [den Ausdruck behalten wir vorläufig bei zum Unterschied von den später beschriebenen, künstlich aktivierten Salzen] beschleunigen durch längeres Glühen derselben, teils bei niederer, teils erst bei höherer Temperatur. Das aktive Salz blieb jedoch in seinem Strahlungsvermögen unverändert, als es in Wasser aufgeschlämmt erhitzt wurde. So zeigte nach 48 stündigem Erhitzen auf dem Wasserbade eine aktive basische Wismut-Poloniumverbindung absolut keine Verminderung der Jonisationsfähigkeit der Luft, während ein anderes Präparat in trockenem Zustande schon nach 5 stündigem Erhitzen zur Rotglut im verdeckten Porzellantiegel teilweise seine α-Strahlung einbüsste.

Das Präparat entlud vor dem Erhitzen in 6″ gegen 3′ (Elektroskop ohne aktive Substanz). Unmittelbar nach dem Glühen zerstreute es in 25″ (Elektroskop ohne aktive Substanz 2′34″). Der leere Tiegel entlud in 11″ gegen 2′34″ (Elektroskop leer).

Der Deckel entlud in 14″ gegen 2′34″ (Elektroskop leer).

Den durch Polonium aktivierten Bleiblechen und Wismut-Poloniumstäben wird durch Erhitzen zum beginnenden Schmelzen die Aktivität fast vollständig geraubt. Die Vermutung lag nun nahe, dass grade die aktiven Stoffe, die durch Erhitzen ihr Strahlungsvermögen einbüssen, dasselbe nach längerem Liegen wieder erlangen könnten. Sollte sich diese Voraussetzung bestätigen, so lag in unserem Körper jeden-

falls ein primär aktiver Stoff vor. Indessen die einmal entaktivierten oder in der Aktivität geschwächten Metallstücke zeigten auch nach einjährigem Aufbewahren nicht die geringste Zunahme; vielmehr war bei den Präparaten, die noch eine geringe entladende Wirkung auf das Elektroskop ausübten, auch diese vollkommen geschwunden.

Bleiblech 1, mit aktivem Wismut überzogen, wurde 5 Stunden auf 150° erhitzt. Unmittelbar darnach, am 5. März 1903, entlud es in 5″ (Elektroskop leer 2′44″). Dasselbe Metallblech entlud am 26. Januar 1904 in 1′50″ (Elektroskop leer 2′47″).

Ein zweites Bleiblech wurde dreieinhalb Stunden zum Schmelzen erhitzt. Es entlud darnach am 5. März 1903 in 2′10″ (Elektroskop leer 2′30″), am 26. Januar 1904 in 2′48″ (Elektroskop leer 2′47″).

Ein drittes Bleiblech, das vor dem Erhitzen in 13″ (Elektroskop ohne Substanz 2′44″) entlud, zerstreute nach dreieinhalbstündigem Erhitzen nahe dem Schmelzpunkt in 2′40″ (Elektroskop leer 2′30″).

Entladungsgeschwindigkeit aktiver Wismut-Poloniumstäbe, die teils nahe dem Schmelzpunkt, teils zum Schmelzen erhitzt wurden.

Stab 1 bis zum Schmelzen erhitzt, entlud
am 27. Febr. 1903: in 1′ (Elektroskop leer 2′20″)
» 31. Juli 1903: » 1′14″ » » 1′40″)
» 26. Jan. 1904: » 44″ » » 1′30″)

Stab 2 bis zum Schmelzpunkt erhitzt, entlud
am 21. Okt. 1903: in 29″ (Elektroskop leer 4′4″)
» 5. Febr. 1904: » 44″ » » 2′18″)

Stab 3, eine Stunde beim Schmelzpunkt erhitzt, zerstreute in 1′34″ (Elektroskop leer 1′40″) nach 6 Monaten in 2′46″ (Elektroskop leer 2′47″).

Stab 4 entlud vor dem Erhitzen in 2″ (Elektroskop leer 3′20″), nach 32 stündigem Erhitzen nahe dem Schmelzpunkt in 1′42″ (Elektroskop leer 3′10″). Der blanke Tiegeldeckel zerstreute in 35″ (Elektroskop leer 3′).

Die Möglichkeit, dass vielleicht mit der Abnahme der α-Strahlung eine Transformierung derselben in β-Strahlung stattgefunden habe, war, wie wiederholte Prüfungen auf der photographischen Platte durch dünnes, schwarzes Papier oder Guttapercha ergaben, ausgeschlossen.

Da alle ausgeführten Versuche die Vermutung, es liege in dem aktiven Wismut-Polonium und Radiotellur nur eine von primär aktiven Körpern übertragene oder induzierte Aktivität vor, verstärkte und zu bestätigen schienen, hielten wir es für angebracht, umgekehrt induziert aktives Wismut und Tellursalz zu gewinnen und die Eigenschaften dieser Verbindungen festzulegen. Zu unseren Versuchen benutzten wir als Aktivierungsmittel verschiedene primär aktive Stoffe, wie Uran- und Radiobleisalze. Das zu den Induktionsversuchen verwendete Uranylnitrat wurde zuerst sorgfältig von allen anderen aktiven Stoffen befreit, um jedem Zweifel vorzubeugen, dass etwa bei der Ausfällung der zu aktivierenden Substanzen aus dem Lösungsgemisch mit Uransalz ein als Verunreinigung in demselben befindlicher aktiver Stoff mitgerissen würde. Durch Einleiten von Schwefelwasserstoffgas entfernten wir die letzten Spuren Blei und Wismut, mittels Oxalsäure das radioaktive Thor und durch Behandeln mit verdünnter Schwefelsäure radiumhaltiges Baryum.

Aktivierung von Wismutsalz.

20 gr von dem gereinigten und gegen die Platte durch Glas hindurch stark wirksamen Urannitrat wurden mit 0,5 gr Wismutnitrat und etwas Salzsäure in Lösung gebracht und drei Tage stehen gelassen. Nach öfterem Eindampfen der Lösung mit Salzsäure und Wasser zur Wasserbadtrockene, extrahierte ich die trockene Masse mit heissem Wasser, löste den Rückstand, der aus basischem Wismutsalz bestand, in verdünnter Salzsäure und leitete in die Lösung Schwefelwasserstoff bis zur völligen Sättigung. Das mit salzsäurehaltigem Schwefelwasserstoffwasser sorgfältig ausgewaschene Wismutsulfid wurde mit Alkohol und Aether getrocknet und einige Zeit in Vacuum aufbewahrt. Auf die Platte wirkte es durch eine Schicht von schwarzem Papier oder Guttapercha kräftig, weniger stark jedoch durch Glas hindurch ein. Am Elektroskop zerstreute das Präparat in 45″ (Elektroskop ohne aktive Substanz 8′). Nach Verlauf eines halben Jahres war die Verbindung inaktiv gegen die Bromsilbergelatineschicht und zerstreute am Elektroskop in 2′30″ (Elektroskop ohne aktive Substanz 3′12″).

Bei einem zweiten Versuche wurden 0,5 gr Wismutsulfat mit zwanzigfacher Menge Uranammoniumoxalat fein zusammen gerieben, und das Gemenge drei Wochen in einem Röhrchen verstopft aufbewahrt. Darauf wurde das Gemisch durch Salzsäure in Lösung gebracht und Wismut als Sulfid gefällt, mit verdünnter Salzsäure und Wasser ausgewaschen und mit Alkohol und Aether getrocknet. Das Präparat wirkte äusserst schwach durch schwarzes Papier auf die Platte ein und brachte das Elektroskop in 4′45″ zur Entladung (Elektroskop ohne aktive Substanz 8′45″).

Nach halbjährigem Aufbewahren war die Substanz völlig inaktiv.

Ein weniger günstiges Resultat liess sich bei der Aktivierung von Tellursalz in Lösung durch Urannitrat erzielen. Eine kleine Spur tellurige Säure wurde mit fast 200 facher Menge Uransalz in Lösung gebracht und die Lösung zwei Monate lang aufbewahrt. Tellur fällte ich alsdann mit Zinnchlorür und prüfte das getrocknete Pulver auf seine Einwirkung sowohl auf die photographische Platte als auch am Elektroskop. Es erwies sich bei 18 stündigem Exponieren durch schwarzes Papier nur schwach β-aktiv und entlud das Elektroskop in 3'32" (Elektroskop leer 3'34").

Da also Wismut durch Uran nicht so stark aktiviert werden kann, dass es die Wirksamkeit des Wismut-Poloniums aus Pechblende erreicht und Tellur auch durch grossen Ueberschuss von Uransalz nicht induziert wird, so kann die Aktivität von Wismut-Polonium und von Radiotellur nicht aus dem Uran der Pechblende stammen, sondern sie muss, falls hier nur induzierte Aktivität vorliegt, eine andere Quelle haben. Ueber diese kommt man nach dem folgenden leicht ins Klare. Wismut und Tellur fallen bei den ersten Abscheidungen aus Pechblende-Rückständen stets mit Bleisalz zusammen aus, und es ist daher allem Anschein nach in dem Radioblei, dessen Trennung und Abscheidung von gewöhnlichem Blei grossen Schwierigkeiten begegnet, die Quelle anzunehmen, der Wismut und Tellur ihre Aktivität verdanken. Denn Radioblei, Wismut-Polonium und Radiotellur stimmen in ihren Aktivitäten soweit überein, dass man wohl glauben kann, diesen drei Stoffen liegt die gleiche Aktivität zugrunde. Indessen kann von oben erwähnten Stoffen nur das Radioblei als primär aktiver Stoff

in Betracht kommen, da von diesem sowohl Wismut als auch Tellur, wie nachfolgende Versuche beweisen, sehr stark aktiviert werden. Radioblei wird dabei nur vorübergehend geschwächt und erlangt nach einigen Wochen seine frühere Aktivität wieder. Radioaktives Wismut und Radiotellur vermögen dagegen gewöhnliches Blei nicht zu aktivieren und nehmen, wie bereits in einer Reihe von Versuchen nachgewiesen wurde, beständig in ihrer Aktivität ab. Die Aktivierung von Wismut und Tellur durch Radioblei gelang uns vollkommen. Die bei diesem Verfahren erhaltenen Präparate verhielten sich in ihren Eigenschaften ganz ähnlich denjenigen direkt aus Uranpecherzrückständen gewonnenen Substanzen. Mit verhältnismässig schwachen Radiobleisalzen konnten äusserst stark aktive Wismutpräparate aus den Salzgemischen abgeschieden werden.

Aktivierung von Wismutverbindungen mittels Radiobleisalz.

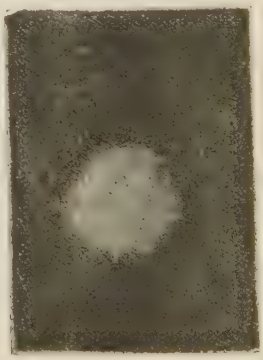
Versuch: 10 gr Radiobleichlorid [Elektroskopentladung 2'7" gegen 3'15" (Elektroskop ohne aktive Substanz)] löste ich mit 1 gr Wismutoxychlorid in stark verdünnter Salzsäure auf und führte nach zweimonatlichem Aufbewahren die Trennung von Blei und Wismut nach der Classen'schen Methode aus. Man führt zu diesem Zwecke die beiden Salze in Karbonate über, wäscht so lange mit Wasser aus, bis das Filtrat nicht mehr den Chlorwasserstoffnachweis mit Silbernitrat ergibt und dampft alsdann die Karbonate mit Salpetersäure zur Wasserbadtrockne ein. Durch mehrmaliges Auskochen mit Wasser wird Wismutnitrat in schwerlösliches basisches Salz übergeführt. Die wasserbadtrockne Substanz versetzt man mit einer Lösung von 1 gr Ammoniumnitrat in 500 ccm Was-

ser, lässt eine Stunde stehen und filtriert ab, indem man den Rückstand mit der gleichen Ammoniumnitratlösung auswäscht. Das auf dem Filter befindliche Wismutsalz löste ich in Salzsäure auf und reinigte es nochmals von Blei nach der gewöhnlichen Methode durch Ueberführen in basisches Chlorid und Extrahieren mit heissem Wasser. Nach dem Umsetzen in Wismutsulfid, Auswaschen und Trocknen mit Alkohol und Aether prüfte ich das reine Präparat am Elektroskop. Es entlud in 4″ gegen 3′5″ (Elektroskop ohne aktive Substanz), in 46″ gegen 2′40″ (Elektroskop ohne aktive Substanz) nach 9 Monaten. Das Wismutsulfid zeigte sich ähnlich dem aus Uranpecherz abgeschiedenen, anfangs auch β-aktiv, büsste aber diese Strahlung nach 8 Wochen vollständig ein.

Figur 1 stellt die Einwirkung von dem als Aktivierungssubstanz benutzten Radiobleichlorid durch schwarzes Papier direkt auf Schicht dar (15 Stunden Einwirkungszeit).

Figur 2 die Einwirkung des aktivierten Wismutsalzes unter gleichen Bedingungen.

Figur 1.



Figur 2.

Figur 3 Wismutsulfid nach achtwöchentlichem Aufbewahren.

$PbCl_2$ entlud in 4′15″ gegen 5′45″ (Elektroskop leer)
Bi_2S_3 » » 6″ « 5′45″ » »

Figur 3.

In einem weiteren Versuche gelang es, eine geringe Menge stark aktiven Radiobleisalzes (2″ gegen 3′38″ Elektroskop leer; 3′15″ $CaSO_4$) mittels Wismutsalzes innerhalb drei Tage vorübergehend zu entaktivieren. Das Bleichlorid wurde mit der etwa fünffachen Menge Wismutsalz in Lösung gebracht und nach dreitägigem Stehen nach der gewöhnlich gebräuchlichen Methode getrennt. Um jedem Einwand vorzubeugen, reinigte ich sowohl Bleichlorid wie das basische Wismutchlorid noch zweimal nach dem gleichen Trennungsverfahren und führte schliesslich beide Verbindungen in Sulfide über.

Bleisulfid entlud das Elektroskop in 3′2″
Wismutsulfid » » » » 3″
Inaktive Substanz » » » » 3′30″.

Wismutsulfid schwärzte die photographische Platte durch schwarzes Papier hindurch deutlich, Bleisulfid dagegen blieb ohne Einwirkung, hatte somit alle Aktivität an Wismut abgegeben. Das gleiche Ergebnis lieferte uns eine Reihe von Versuchen, die in ähnlicher Weise ausgeführt wurden.

Analog dem Radioblei scheint auch Radiumsalz, wie die Arbeiten Giesels[1]) ergeben haben, seine Aktivität dem Wismut zu induzieren. Die diesem Element übertragene α-Strahlung liess während einer langen Beobachtungsdauer keine Abnahme erkennen.

Aehnlich dem Wismut konnte auch Tellur durch Radiobleisalz und ferner durch Wismut-Polonium aktiviert werden.

Versuch: 0,2 gr tellurige Säure löste ich in einem grossen Ueberschuss von Radiobleisalz auf, liess die Lösung 20 Tage stehen und fällte Blei, nachdem die Lösung reichlich mit Sprit versetzt worden war, als Sulfat. Das Filtrat enthielt nur Tellur in Lösung, denn eine Prüfung mit Ammoniumsulfid ergab keine Fällung mehr. Tellur wurde als Tellurschwefel mit Schwefelwasserstoff abgesondert, mit Alkohol und Aether getrocknet und auf seine Aktivität untersucht.

Das Präparat zerstreute am Elektroskop
in 12″ gegen 2′40″ (Elektroskop ohne Substanz)
» 35″ » 1′40″ » » »
nach sechs Wochen. Unmittelbar nach seiner Abscheidung war es deutlich β-aktiv, sechs Wochen später jedoch vollkommen β-inaktiv. Zur Aktivierung von Tellur durch Wismutsalz wurde durch Radioblei induziertes Wismutoxychlorid verwendet. Etwas basisches Tellurnitrat vermengte ich mit der ungefähr zehnfachen Menge aktivierten Wismutsalzes und brachte beide Verbindungen mittels Salzsäure zur Lösung. Nach achttägigem Stehen wurde Tellur mit Hydrazinsulfat ausgefällt, mit Alkohol und Aether gewaschen und getrocknet. Die in Sulfid überführte Wismutverbindung hatte ihre Aktivität fast vollständig an Tellur

1) Ber. d. deutsch. chem. Ges. 36 Seite 2369.

abgegeben, denn Tellur zerstreute am Elektroskop in 12″ gegen 3′38″ (Elektroskop ohne aktive Substanz), Wismutsulfid dagegen in nur 2′ gegen 3′38″.

Haben wir somit Beweise für die Aktivierungsfähigkeit von Wismut und Tellursalzen durch primär aktive oder sogar induziert aktive Stoffe erbracht, so möge in folgendem noch eingehender die Uebereinstimmung zwischen direkt aus Uranpecherz abgeschiedenen und gewöhnlich induziert aktiven Wismut- und Tellurverbindungen behandelt werden.

Durch fraktionierte Fällungen war es möglich, die Aktivität entsprechend wie bei Wismut-Polonium, in den schwerlöslichen also leicht ausfällbaren Partien anzureichern. Hierbei gelangte man zu Präparaten, die das Elektroskop beim Annähern der Substanz augenblicklich entluden und eine deutliche Phosphorescenz am Sidot'schen Blendeschirm bewirkten.

Das induziert aktivierte Wismutoxychlorid mit 22″ Entladungsgeschwindigkeit gegen 3′30″ (Elektroskop ohne aktive Substanz) wurde in verdünnter Salzsäure oder Salpetersäure gelöst, fast zur Wasserbadtrockne eingedampft und mit wenig Wasser gefällt. Die mit Alkohol und Aether behandelte Fällung zerstreute am Elektroskop in 0,5″ gegen 3′30″ (Elektroskop leer) und war ebenfalls wie das Ausgangspropukt auf die Silberschicht der photographischen Platte durch schwarzes Papier hindurch unwirksam.

Durch Eintauchen eines polierten Wismutmetallstabes in die salzsaure Lösung eines induzierten Salzes und nach 18 stündigem Verweilen in dieser Flüssigkeit, nahm das Metallstück die Aktivität vollkommen an sich und kam in seiner Wirksamkeit auf das Elektroskop wie auf die Sidot'sche Blende den Marckwald'schen Metallstäben vollkommen gleich.

Trotz mehrere Monate langen Aufbewahrens war an diesen stark aktiven Präparaten keine Abnahme der α-Strahlen zu beobachten und auch das Aufleuchten der Sidot'schen Blende war ebenso deutlich wie bei Beginn des Versuches zu erkennen. Es sei hier vielleicht kurz erwähnt, dass, um an äusserst stark α-aktiven Präparaten eine Abnahme der Aktivität zu konstatieren, eine mehrmonatliche Beobachtung notwendig ist. Merklich wird das Schwinden der Becquerelstrahlung erst, sobald einmal die Entladungsgeschwindigkeit in Sekunden angegeben werden kann.

Elektroskopmessungen von Wismutstäben, die durch aktivierte Wismutsalzlösungen induziert wurden.

Zeit	31. Juli 1903	31. Okt. 1903	26. Jan. 1904
Stab I	8″	16″	35″
Elektroskop leer	1′40″	4′5″	1′30″

Zeit	14. Mai 1903	31. Juli 1903	26. Jan. 1904
Stab II	1,5″	2″	25″
Elektroskop leer	6′	1′40″	1′30″

Die Stäbe zeigten, entsprechend den aktivierten Lösungen nur α-Strahlung.

Beschickten wir dagegen schwach aktivierte Tellurlösung mit Wismutmetallstückchen, so schied sich Tellur als aktive schwammige Masse an diesen ab. Die mit Alkohol und Aether getrockneten Metallsplitter brachten das Elektroskop bei dem einen Versuche in 45″ gegen 5′30″ (Elektroskop ohne aktive Substanz), bei einem weiteren Versuche in 25″ gegen 3′35″ (Elektroskop leer) zur Entladung. Da nur schwach aktive Lösungen zu diesen letzt angeführten Versuchen zur Verwendung kamen, konnten begreif-

licherweise auch nur minder stark aktive Präparate erzielt werden.

Im Verlaufe der Arbeit war schon öfters auf das verschiedene Verhalten der einzelnen primär aktiven Stoffe gegen ein und dasselbe Metall und die verschiedene Induzierbarkeit mehrere Metallsalze durch den gleichen aktiven Körper hingewiesen worden.

Es schien uns deshalb wünschenswert, eine Reihe von Aktivierungsversuchen auszuführen, die einer Aufklärung der Frage, ob die aus Pechblende abgeschiedenen radioaktiven Substanzen alle an sich unwirksame Stoffe in gleicher Weise aktivieren können, näher treten, und die ferner das verschiedene Verhalten der einzelnen Metalle und ihrer Salze bei der Induktion ermitteln und festlegen sollten.

Induktionsversuche mittels Uransalze.

Zu den folgenden Versuchen, die Aktivität des Urans auf andere Stoffe zu übertragen, gebrauchte ich ein aus dem Bröggerit gewonnenes Urannitrat, dessen Reinigung bereits oben beschrieben wurde (siehe Seite 34). Dasselbe war gegen die photographische Platte durch Glas hindurch stark wirksam. Die Aktivierung von Wismut und Tellur wurde bereits ausführlich behandelt (siehe Seite 35 u. ff.), es ist deshalb überflüssig, dieselbe nochmals an dieser Stelle darzulegen.

Aktivierung von Bleisalz.

Versuch I. 20 gr Uranylnitrat wurden in Wasser gelöst und mit 0,5 gr Bleinitrat versetzt. Nach mehrtägigem Stehen fällte ich Blei durch Sättigen der Lösung mit Schwefelwasserstoffgas, wusch die Fäl-

lung sorgfältigst und längere Zeit mit Schwefelwasserstoffhaltiger verdünnter Salzsäure, und trocknete schliesslich das Sulfid mit Alkohol und Aether zwecks Prüfung auf Aktivität. Die Substanz wirkte bei 16 stündigem Exponieren durch eine Schicht von Guttapercha-Haut, sowie durch Glas oder doppeltes schwarzes Papier deutlich auf die Bromsilbergelatineschicht und entlud das Elektroskop in 1′30″ gegen 8, (Elektroskop ohne aktive Substanz). Nach drei Monaten war das Präparat nur noch schwach β-wirksam, entlud am Elektroskop jedoch in 2′ gegen 7′ (Elektroskop leer).

Versuch II. Mit einer salpetersauren Lösung von 20 gr Uranoxyduloxyd wurde eine wässrige Lösung von 1 gr Bleinitrat Gehalt vereinigt. Nach zwei Wochen fällte ich Blei als Sulfat, wusch den Niederschlag mit verdünnter Schwefelsäure, Alkohol und Aether und prüfte das induzierte Produkt auf seine Wirksamkeit gegen Elektroskop und photographische Platte. Seine Entladungsgeschwindigkeit betrug 3′42″ gegen 4′57″ ($CaSO_4$), und deutlich sichtbar war die Einwirkung auf die Plattenschicht durch doppeltes schwarzes Papier hindurch. Nach elf monatlangem Liegen nochmals geprüft, betrug die Zerstreuungsgeschwindigkeit 3′18″ gegen 3′30″ ($CaSO_4$) und β-Aktivität war nicht mehr vorhanden. Weitere Versuche, auf gleiche Art ausgeführt, ergaben übereinstimmende Resultate. Da nach dem Vorstehenden Blei aus seiner uranhaltigen Nitratlösung sowohl als Sulfid wie auch als Sulfat gleicherweise α- und β-aktiv ausfällt, darf man schliessen:

Die zur quantitativen Trennung von primär aktiven und induziert aktiven Stoffen dienende analytische

Methode ist nicht ausschlaggebend für die Strahlungsintensität des induzierten Körpers.

Bleichlorid, ebenso Chlorsilber wurden auch, als sie zu Stäben gegossen, in eine Uranylchloridlösung eingetaucht und sechs Wochen lang darin aufbewahrt wurden, schwach α- und β-aktiv. Bleichlorid zerstreute am geladenen Elektroskop mit 3' gegen 4'10" (Elektroskop leer) Geschwindigkeit und Chlorsilber mit 2'5" gegen 4'10".

Auf der photographischen Platte brachten beide Verbindungen nach 16 stündigem Einwirken durch einfach schwarzes Papier eine geringe Schwärzung hervor, die aber bei einer wiederholten Prüfung nach Verlauf von acht Wochen nicht mehr nachgewiesen werden konnte.

Aktivierung von Quecksilberchlorid mittels Uranylnitrat.

Eine Lösung von 20 gr Uranylnitrat und 1 gr Quecksilberchlorid bewahrte ich zwei Wochen lang auf. Quecksilber wurde alsdann als Sulfid abgeschieden, mit verdünnter Salzsäure, Alkohol und Aether ausgewaschen und getrocknet. Der Effekt auf die Platte war bei 22 stündigem Exponieren nur äusserst schwach; nicht minder schwach war auch die α-Strahlung, denn Quecksilbersulfid entlud in 2'25" gegen 2'41" ($CaSO_4$). Innerhalb drei Tage hatte die β-Wirkung dieser Verbindung derart abgenommen, dass sie als β-inaktiv bezeichnet werden konnte. Quecksilber lässt sich demnach durch Uran nur schwach induziezieren und geht binnen kurzer Zeit dieser Aktivität verlustig. Vergleicht man mit diesem Verhalten des Quecksilbers den bedeutenden Aktivierungseffekt des Bleis, so darf man sagen: Bei Anwendung ein und derselben Fällungs-Methode werden die verschiedenen

ausgefällten Stoffe total verschieden aktiviert; es kann daher den in Lösung aktivierenden Gebilden ein analytisch chemischer Charakter nach Art eines selbständigen Atoms oder Moleküls nicht zukommen, da sonst das aktivierende X als Sulfid sich dem Schwefelblei oder Schwefelquecksilber in gleicher Weise beimengen und so beide gleich stark aktivieren müsste.

Aktivierung von Gold durch Uransalzlösung.

Gold verhält sich in Bezug auf seine Aktivierbarkeit durch Uransalz ähnlich dem Quecksilber, indem die schwache Induktion schon nach einigen Tagen eine Abnahme erfährt und bald völlig verschwindet.

Versuch. Eine Lösung von 0,2 gr Gold in Königswasser dampfte ich zur Wasserbadtrockne ein und versetzte das Goldchlorid mit einer salpetersauren Lösung von 20 gr Uranoxyduloxyd. Nach 14tägigem Stehen wurde Gold mit Hydrazinsulfat und Natronlauge abgeschieden, mit verdünnter Salzsäure heiss ausgewaschen und mit Alkohol und Aether getrocknet. β-Strahlung sowie α-Strahlung waren nur äusserst gering. Während sechs Tagen wurde Gold vollkommen β-unwirksam, und auch die Zerstreuungsgeschwindigkeit von 2'5" gegen 2'10" (Elektroskop leer) zeugte von einem raschen Schwinden der die Leitfähigkeit der Luft bedingenden Strahlengattung.

Aktivierung von Palladiumsalzen und Palladiummetall durch Uransalzlösung.

In die Gruppe der durch Uransalz kaum zu induzierenden Stoffe können ferner noch die Platinmetalle eingereiht werden, als deren Vertreter ich Palladium zu unseren Versuchen heranzog.

$^1/_{10}$ gr Palladiumchlorür wurde mit mehr als 200 facher Menge Uransalz in Lösung acht Wochen lang aufbewahrt. Durch Einleiten von Schwefelwasserstoff in die Flüssigkeit schied sich Palladiumsulfür aus, das mit salzsäurehaltigem Schwefelwasserstoffwasser, Alkohol und Aether ausgewaschen und getrocknet wurde. Gleichzeitig hing ungefähr drei bis vier Monate in einer konzentrierten Uranylchloridlösung ein Palladiumblech. Nach dem Herausnehmen aus der Lösung und nach dem Abspülen mit Wasser, Alkohol und Aether entlud das Palladiumblech in 3'30" gegen 3'32" (Elektroskop leer) und Palladiumsulfür in 3' gegen 3'34" (Elektroskop leer). Palladiumsulfür schwärzte schwach durch schwarzes Papier hindurch die Bromsilberschicht bei 18 stündigem Exponieren, Palladiumblech dagegen zeigte sich absolut β-inaktiv. Nach einem Monat langem Aufbewahren hatte auch Palladiumsulfür seine Strahlungen völlig eingebüsst. Noch zwei weitere analog ausgeführte Versuche mit Platin- und Palladiumsalz bestätigten obiges Resultat.

Aktivierung von Baryum und Palladiumsalz.

Leicht und äusserst stark durch Uransalze zu aktivieren sind die Baryumverbindungen. Das Baryum entreisst dem Uran ähnlich wie Thor vorübergehend alle diesem anhaftende Aktivität, es entaktiviert also die Uransalze. Um zu untersuchen, ob bei einem zu induzierenden Salzgemisch die Reihenfolge in der Abscheidung von Einfluss auf die übertragene Aktivität sei, fällte ich bei dem ersten Versuche aus einer Flüssigkeit, die neben Palladiumchlorür Baryumchlorid enthielt, zuerst Palladium und alsdann Baryum, bei einem zweiten Versuche Baryum und darauf Palladium. Die erhaltenen Resultate liessen erkennen, dass ein frühe-

res oder späteres Ausfällen, das heisst die Reihenfolge in dem Abscheiden der einen Substanz vor der anderen, auf den Grad der induzierten Aktivität keinen Einfluss ausübt, dass vielmehr der Körper am stärksten induziert wird, der die grösste Affinität für das aktivierende X besitzt.

Versuch. 0,125 gr Chlorbaryum und 0,125 gr Palladiumchlorür wurden mit 150 gr Uranylnitrat gelöst. Nach 20 tägigem Stehen füllte ich die Hälfte der Flüssigkeit in ein zweites Gefäss um. Aus dem einen Teil der Lösung wurde Palladium als Sulfür abgeschieden, mit salzsäurehaltigem Schwefelwasserstoffwasser, Alkohol und Aether ausgewaschen und getrocknet. Das Filtrat, das neben Uransalz noch Chlorbaryum enthielt, versetzte ich mit Schwefelsäure, fällte auf diese Weise Baryum als Sulfat, und reinigte den Niederschlag mit verdünnter, heisser Schwefelsäure, Alkohol und Aether.

Die Elektroskopentladung betrug für Palladiumsulfür 1'35" gegen 1'37" (Elektroskop leer) für Baryumsulfat 9" gegen 1'37" (Elektroskop leer). Die Einwirkung auf die Schichtseite an der photographischen Platte war bei Palladiumsulfür fast kaum merkbar, bei Baryumsulfat aber äusserst stark. Baryumsulfat entlud nach sechsmonatlichem Aufbewahren in 3'20" gegen 3'30" (Elektroskop leer), hatte seine Aktivität also fast gänzlich wieder abgegeben. In dem zweiten Teile der Flüssigkeit wurde zuerst Baryumsulfat, und in dem Filtrat Palladium abgesondert und ebenso wie bei obigem Versuche weiter behandelt.

Am geladenen Elektroskop zerstreute:
Baryumsulfat in 12" gegen 1'30" (Elektroskop leer)
Palladiumsulfür in 1'22" gegen 1'30" (Elektroskop leer).

Während Baryumsulfat die photographische Platte

durch schwarzes Papier hindurch wieder kräftig schwärzte, war die durch Palladiumsulfür hervorgebrachte Veränderung nur sehr gering und kaum wahrnehmbar.

Nach dem Vorhergehenden werden also die verschiedenen Elemente durch ein und denselben primär aktiven Stoff in sehr verschiedenem Grade sowohl α- als auch β-induziert. Bei dem Uebergang von Aktivität aus dem primär aktiven auf den induzierten Stoff ändert sich die spezielle Art der erregten Strahlung nicht. Denn die durch Uran aktivierten Stoffe nehmen aus diesem α- und β-Aktivität in annähernd demselben Verhältnis, wie diese bei reinen Uranpräparaten vorkommen.

Induktion von Metallen und Metallsalzen durch Radiumbaryumchloridlösung.

Zu den Aktivierungsversuchen mit Radiumbaryumchloridlösung wurden Präparate benutzt, die durch fraktionierte Krystallisation des aus Uranpecherzrückständen isolierten radiumhaltigen Baryumchlorids in ihrer Aktivität angereichert worden waren, aus 30 cm bis $^1/_2$ m Entfernung schon auf das Elektroskop einwirkten und bei weiterem Nähern dasselbe zum sofortigen Entladen brachten. Die Intensität der α-Strahlung betrug ungefähr 3000 Uraneinheiten. Das Radium-Chlorbaryumsalz leuchtete im Dunkeln in dem ihm eigentümlichen Phosphorescenzlichte, färbte das Glas, in welchem es aufbewahrt wurde violett und liess einen Sidot'schen Blende- oder Baryumplatincyanürschirm in hellem Lichte erstrahlen.

Da sich besonders die Platinmetalle und ihre Salze durch Radioblei und schwach aktive Wismut-Poloniumlösung kräftig aktivieren liessen, lag es nahe,

auch diese Gruppe zu den Induktionsversuchen mit Radiumbaryumchlorid heranzuziehen.

Versuch. Eine kleine Menge Palladiumchlorür wurde mit 0,1 gr Radiumbaryumchlorid in wenigen ccm Wasser gelöst und zwei Monate aufbewahrt. Alsdann fällte ich Palladium als Sulfür, wusch mit salzsäurehaltigem Schwefelwasserstoffwasser längere Zeit aus und prüfte das Metallsulfid nach dem Trocknen mit Alkohol und Aether auf seine Strahlungsintensität. Die Entladungsgeschwindigkeit betrug 35″ gegen 3′34″ (Elektroskop ohne aktive Substanz), während der photographische Effekt nur gering war, denn die Platte wurde nach 16 stündigem Exponieren durch schwarzes Papier hindurch nur mässig stark geschwärzt.

Zu gleicher Zeit hingen in einer radiumhaltigen Baryumchloridlösung von demselben Gehalt 4 Wochen lang ein Palladium und ein Platinblech. Nach dem Abspülen mit Alkohol und Aether zeigten sich diese nur schwach α-aktiv.

Palladiumblech entlud am Elektroskop
in 3′35″ gegen 4′30″ (Elektroskop leer) und Platinblech
» 3′27″ » 4′30″ »

Die Radiumbaryumchloridlösung dagegen zerstreute noch mit der gleichen Intensität.

Das Palladium- und Platinblech wirkten ausserdem schwach auf die Platte ein, hatten also auch nur geringe β-Strahlung induziert erhalten. Die nach einem Monat wiederholten Prüfungen stellten fest, dass die α-Strahlung nur wenig an Intensität abgenommen, die β-Strahlung indessen merklich zurückgegangen war. Palladiumsulfür entlud in 20″ gegen 1′59″ (Elektroskop leer). Aehnlich dem Platin und Palladium verhielt sich Iridiumsalz.

Merkwürdig und auffallend verschieden von den

Platinmetallsalzen und den meisten aktivierbaren Verbindungen ist das Verhalten von Bleisalzen gegenüber Radiumbaryumchlorid. Die Bleisalze vermögen, ähnlich wie Thor[1]) gegen Uran, eine Radiumbaryumchloridlösung vorübergehend völlig zu entaktivieren und alle Strahlungsenergie in sich aufzunehmen. Jedoch gilt dies nur für Bleisalzlösungen, da Blei in irgend einer Metallform zum Beispiel als Blech in eine Radiumsalzlösung eingetaucht in seinem Effekt gegen Elektroskop und Platte sich nicht von den übrigen Metallstücken unterscheidet.

Versuch. 0,25 gr Radiumbaryumchlorid löste ich mit $^1/_2$ bis 1 gr Bleinitrat in Wasser auf. Nach zwei Wochen wurde Blei als Sulfid aus der Lösung abgesondert und nach sorgfältigem Auswaschen mit salzsäurehaltigem Schwefelwasserstoffwasser, Alkohol und Aether auf Aktivität geprüft. Bleisulfid entlud in 7″ gegen 2′17″ (Elektroskop leer). Ein zweites Präparat entlud in 22″ gegen 2′6″. Beide Salze waren äusserst stark β-aktiv, da die Bromsilberschicht der Schleussner Platte durch schwarzes Papier hindurch völlig geschwärzt wurde. In einem dritten Versuche wurden 0,3 gr Radiumbaryumchloridlösung mit fünffacher Menge Bleisalz zehn Tage in Lösung gehalten, Blei wieder als Sulfid abgeschieden, mit salzsäurehaltigem Schwefelwasserstoffwasser ausgewaschen und mit Alkohol und Aether getrocknet. Dieses Bleisulfid zerstreute am Elektroskop schon aus 20 cm Entfernung und liess beim Annähern die Blattgoldblättchen sofort zusammenklappen. Ebenso intensiv war auch die β-Strahlung, denn die photographische Platte wurde

1) Ueber das radioaktive Thorium. Inauguraldissertation von F. R. Zerban.

durch doppeltes schwarzes Papier hindurch nach 16 stündigem Exponieren äusserst kräftig geschwärzt. Als ich nach zwei Monaten das Präparat wieder auf seine Aktivität prüfte, war noch keine Abnahme sowohl in der α- als auch in der β-Strahlung wahrzunehmen. Nach 6 Monaten war die β-Aktivität fast verschwunden, die α-Aktivität aber nur wenig zurückgegangen. Diese Abnahme der β-Aktivität an dem mit Radium induzierten Bleisulfid bei trockenem Aufbewahren unterscheidet solches Material von den aus Pechblende zu erhaltenden Radiobleipräparaten. Diese bewahren in trockenem Zustande ihre β-Aktivität vollständig und ersetzen sie von selbst wieder, wenn sie durch Wismut vorübergehend entaktiviert werden. Das Radiumbaryumchlorid war nach seiner Trennung von Bleichlorid in der Aktivität bis aufs äusserste geschwächt, ja nahezu inaktiv, und erlangte erst nach längerem Aufbewahren dieselbe wieder.

Wie bereits hervorgehoben wurde, verhält sich Blei, als Metall in Radiumsalzlösung eingetaucht, in seiner Aktivierbarkeit verschieden von den Bleiverbindungen, die sowohl in gelöster als auch in fester Form als Stäbe in die Lösung eingeführt wurden.

Ein in eine konzentrierte Radiumbaryumsalzlösung eingetauchtes Bleiblech wurde selbst nach 20 tägiger Berührung mit der aktiven Lösung nur wenig induziert.

Das Metallstück entlud am Elektroskop in 2'4" gegen 2'40" (Elektroskop leer) und wirkte kaum merkbar auf die Plattenschicht ein. Zu gleicher Zeit mit Wismut-, Silber-, Platin- und Palladiumblech angesetzte Versuche führten zu einem ähnlichen Ergebnis, dass Metalle im Vergleich zu ihren Salzen sehr langsam und nur schwach in Radiumbaryumchlorid-

lösung induziert werden und in kurzer Zeit wieder ihre Aktivität verlieren.

Die Elektroskopentladung betrug für:

Silberblech 3'40" gegen 4'30" (Elektroskop ohne Substanz),

Wismutmetall 4'35" gegen 4'30" (Elektroskop ohne Substanz),

Platin und Palladium 3'35" gegen 4'30" (Elektroskop ohne Substanz).

Bei einer zweiten Versuchsausführung entlud:

Palladium in 2'5" gegen 2'40" (Elektroskop leer)
Platin » 2'20" » 2'40" » »
Blei » 2'4" » 2'40" » »
und Silber » 1'18" » 2'40" » »

Eine Einwirkung auf die Schichtseite der photographischen Platte war nur bei Silber und Blei erkennbar. Blei und Silber sind auch in fester Form induzierbar, wenn sie als geschmolzene Metallsalze vorliegen. Die während 6 Wochen in radiumchloridhaltiger Flüssigkeit eingetragenen Bleichlorid- und Chlorsilberstäbchen werden merklich α- und β-aktiv. Bleichlorid entlud in 11" gegen 5' (Elektroskop leer)
Chlorsilber „ „ 45" „ 5' „ „
Nach sechs Monaten zerstreute Chlorblei in 18" gegen 2'47" (Elektroskop leer) und Chlorsilber in 1'10" gegen 2'57" (Elektroskop leer). Das induzierte Bleichlorid übertraf an β-Strahlung Chlorsilber, das nur schwach die Platte durch eine einfache schwarze Papierschicht hindurch bei 16 stündigem Exponieren schwärzte. Die β-Strahlung nahm in beiden Salzen bei längerem Aufbewahren deutlich ab. Durch Radiumsalz werden nach den vorstehenden Resultaten die Metalle in annähernd gleicher Reihenfolge aktiviert wie durch Uran: am stärksten Blei, am schwäch-

sten die Platinmetalle. Ganz anders wird die Ordnung, wenn Radiobleichlorid als Aktivierungsquelle benützt wird.

Induktion durch Radiobleisalze.

Die günstigsten Ergebnisse bei allen Aktivierungsversuchen wurde mit Hülfe von Radiobleichlorid erzielt. Es gelang, mit grösseren Mengen schwach aktiver Bleiverbindungen die Wismutsalze derartig zu aktivieren, dass diese Präparate starkes Phosphorescenzlicht auf dem Sidot'schen Blendeschirm erregten und am Elektroskop aus einigen Centimeter Entfernung augenblickliche Entladung bewirkten. Eine ausführliche Darlegung dieser Versuche wurde bereits bei der Induktion von Wismut und Tellur durch die verschiedenen aktiven Stoffe gegeben.

Zur Hervorhebung des Unterschieds in den Induktionsergebnissen mittels Radiumchlorid- und Radiobleichloridlösungen möge die Aktivierung von Palladiumchlorür, als einem Vertreter der Platinsalze, durch Radiobleiverbindung eingehender behandelt werden.

Versuch. $^1/_2$ gr Palladiumchlorür löste ich zusammen mit 30 gr schwach aktiven Bleichlorids in Wasser auf. Nach neunwöchentlichem Aufbewahren dieser Flüssigkeit wurde Palladium als Metallpulver durch Erhitzen mit Hydroxylaminchlorhydrat abgeschieden, mit heissem Wasser längere Zeit digeriert und mit Alkohol und Aether getrocknet. Das auf diese Art induzierte Palladium war nicht allein am Elektroskop äusserst wirksam, es entlud dasselbe in 3" gegen 3'34" (Elektroskop leer), sondern zeichnete sich ferner durch kräftige β-Strahlung aus. Die photographische Platte wurde durch schwarzes Papier hindurch nach 10 Stunden vollständig geschwärzt. Wäh-

rend indessen die die Luft ionisierende α-Strahlung, wie bei dem durch Radiobleichlorid aktivierten Wismutsalz, nach zwei Monaten noch keine Schwächung erkennen liess, war in der Einwirkung auf die Bromsilber-Schicht schon nach kurzer Zeit eine deutliche Abnahme zu beobachten.

Als nach zwei Monaten das induzierte Palladium wieder geprüft wurde, entlud es in 2" gegen 1'58" (Elektroskop leer) und veränderte nur in Spuren noch die photographische Platte nach 45 stündigem Exponieren. Im Gegensatz zu Radiumbaryumchloridlösung liessen sich die Platinmetalle durch längeres Einhänhängen in eine Radiobleichloridlösung kräftig aktivieren.

In einer gesättigten Radiobleichloridlösung von 6" gegen 3'17" (Elektroskop leer) Entladungsdauer hingen während 14 Tagen ein Platin-Gold- und Wismutmetallstück.

Nach dem Reinigen und Trocknen zerstreuten sie am Elektroskop in verhältnismässig kurzer Zeit.

Der Wismutstab in 25" gegen 3'55" (leer).
Das Platinblech » 17" » 3'55" (leer).
Das Goldblech » 1'20" » 3'55" (leer).

Infolgedessen hatte auch die Lösung einen Teil ihrer Aktivität eingebüsst und entlud nur noch in 45" gegen 1' (Elektroskop leer) d. h. gegen Wasser.

Mehrere Versuche, die Aktivität des Radiobleis auf negative elektrische Elemente wie Schwefel, Arsenige Säure oder Zinnsäure, die während 4 Wochen in eine stark aktive Radiobleilösung eintauchten, zu übertragen, führten zu keinem positiven Resultat.

Schwefel zerstreute am Elektroskop in 3'50"
Arsenschwefel „ „ „ „ 3'52"
Zinnsäure „ „ „ „ 3'54"

und das Elektroskop ohne aktive Substanz entlud in 3'55". Alle drei Körper waren gleichfalls β-inaktiv. Eine Bestätigung für das passive Verhalten dieser negativen Elemente bei der Induktion als feste Stoffe in aktiver Lösung liegt auch wohl in der steten Aktivitätszunahme der frisch dargestellten aktiven Bleichloridlösungen trotz der darin befindlichen fremden Bestandteile. So ergab die Messung der einen Lösung unmittelbar nach der Gewinnung eine Entladungsgeschwindigkeit von 1'1" gegen 3'12' (Elektroskop leer). Nach zwei Wochen zerstreute die Lösung in 54" gegen 3'15" (Elektroskop leer). Die Elektroskopentladung betrug für eine andere Lösung 1'3" gegen 3'12" (Elektroskop leer), zwei Wochen später 44" gegen 3'15" (Elektroskop leer). Da sich negativ elektrische Elemente nicht aktivieren lassen, wird sehr wahrscheinlich die in Lösung bewirkte Aktivierung von Metallen oder Metallsalzen durch ein stoffliches Etwas vermittelt, das von primär aktiven Körpern ausgehend, an Metallionen oder Atomen haften bleibt und nicht auf Anionen übertragbar ist.

Die induzierenden Eigenschaften von Radioblei und wie wir noch später beobachten können, von Wismut-Polonium sowie Radiotellur weichen also sehr von denjenigen des Urans und des Radiums ab, sodass man wohl als Schlussfolgerung ziehen kann: Eine Induktion der drei Stoffe, Wismut-Polonium und Radiotellur durch Uran oder Radium erscheint ausgeschlossen.

Induktion durch aktives Wismutsalz.

In ihren induzierenden Eigenschaften stimmen mit Radiobleichorid das aktive Wismut und das Radiotellur überein. Aber diese beiden werden dadurch,

dass sie induzierend wirken, dauernd geschwächt oder entaktiviert, während die Radiobleisalze die an andere Metalle abgegebene Aktivität von selbst wieder ersetzen. Radiowismut und Radiotellur sind allem Anschein nach nur durch Radiobleichlorid induzierte Materien. Dies folgt auch daraus, dass radioaktives Wismut und Radiotellur beim trockenen Aufbewahren in ihrer Aktivität abnehmen. Abgesehen von dem allmählichen Schwinden der α-Strahlung, unterscheidet sich die Aktivität des Wismut-Poloniums von derjenigen der primär aktiven Substanzen durch absolutes Ausbleiben einer Regeneration der Aktivität, sobald diese dem Körper künstlich durch Entaktivieren genommen worden ist. Vollständig verliert Wismut-Polonium seine Strahlung, wenn aus einer Lösung mit Metallsalzen die Metalle zuerst abgeschieden werden. Auch durch Eintauchen von Metallblechen oder Stäben geht aktives Wismut eines grossen Teiles seiner Aktivität verlustig. Ein Element, das gewöhnliche Blei, erregte durch seine Passivität bei allen Induktionsversuchen mittels aktiven Wismuts unsere besondere Aufmerksamkeit. Bleisalz und Bleimetall werden durch aktives Wismut nicht oder nur kaum merkbar induziert.

Versuch. 0,2 gr Bleinitrat löste ich mit zehnfacher Menge Radiowismutnitrat in Salpetersäure auf, dampfte nach achttägigem Stehen vier- bis fünfmal mit Salzsäure und Wasser zur Wasserbadtrockne ein und extrahierte sodann den Rückstand mit heissem Wasser. Das Filtrat, enthaltend Bleichlorid, wurde zur weiteren Reinigung nochmals eingekocht und die trockene Masse mit heissem Wasser digeriert. Die letzten Spuren Wismutsalz blieben bei dieser Reinigungsmethode als basisches Chlorid zurück. Aus

dem Filtrate wurde Blei als Sulfid gefällt und mit Alkohol und Aether getrocknet. Die Elektroskopentladung ergab für Bleisulfid 3'20" gegen 3'30" (Elektroskop leer) und 1'58" (Uranoxyduloxyd); Wismutsulfid entlud in 7,5" gegen 3'30" (leeres Elektroskop). Da die Wismutpräparate keine β-Strahlung, sondern nur α-Strahlung besitzen, war auch bei dem abgeschiedenen Bleisalz kein Effekt auf der photographischen Platte nachzuweisen.

Versuch II. 2 gr aktives Wismutsulfid wurden mit 0,1 gr Bleinitrat und Salpetersäure in Lösung gebracht und acht Tage sich selbst überlassen. Nach dem Eindampfen der salpetersauren Flüssigkeit, teils mit Salpetersäure, teils mit Wasser, trennte ich Blei von Wismut nach der Classen'schen Methode. Der trockene Rückstand, der keine freie Salpetersäure mehr enthalten darf, wird mit einer kalten Auflösung von 1 gr Ammoniumnitrat in 500 ccm Wasser übergossen und nach öfterem Umrühren eine Stunde lang stehen gelassen. Nach dem Filtrieren und Auswaschen mit der gleichen Ammoniumnitratlösung bleibt im Rückstand basisches Nitrat, während Bleinitrat in Lösung geht. Blei fällte ich als Sulfid mit Schwefelwasserstoff. Das Sulfid entlud am Elektroskop in 2'25" gegen 2'45" (Calciumsulfat) und 2' (Uranoxyduloxyd) das basische Wismutnitrat dagegen in 11".

Da die in Wismut-Poloniumlösung eingetauchten Bleibleche sich mit stark aktivem Metallschwamm überzogen, lag die Vermutung nahe, dass schliesslich doch nach längerem Aufbewahren das Bleimetall induziert werden könnte. Um dies festzustellen, wurde eine Trennung von Blei und dem anhaftenden aktiven Wismut ausgeführt. Ein in wenigen Sekunden das Elektroskop entladendes Bleiblech löste ich in Salpeter-

säure, dampfte die Flüssigkeit mehrmals mit Wasser zur Trockne ein und sonderte Wismut nach der Classen'schen Methode ab, indess Blei wieder als Nitrat in Lösung blieb. Bleinitrat wurde sodann nochmals auf dieselbe Art gereinigt und schliesslich in Sulfid übergeführt. Die Elektroskopentladung war für Bleisulfid 4'15" gegen 5'45" (Elektroskop leer), für basisches Wismutnitrat 7" gegen 5'45" (Elektroskop leer). Dieses Ergebniss lässt deutlich erkennen, dass das Wismut-Polonium seine Aktivität fast vollständig bewahrt hatte, während Blei nur äusserst wenig induziert werden konnte. Wendet man selbst zur Entaktivierung des Wismut-Poloniums die 20 fache Menge Bleinitrat an, so bleibt trotzdem die Aktivität an Wismut haften und Blei geht als inaktiver Stoff aus dem Versuche hervor.

Dem Blei wieder sehr ähnlich, also ebensowenig induzierbar, zeigte sich Quecksilbersalz.

Versuch. Eine kleine Portion Quecksilberchlorid wurde mit 10 facher Menge Wismut-Poloniumsalz in Salzsäure gelöst und zehn Tage aufbewahrt. Nach dem Fällen des Quecksilbers als Quecksilberchlorür mit Zinnchlorür, Auswaschen und Trocknen mit Aether erwies es sich am Elektroskop nahezu inaktiv, Wismutoxychlorid dagegen entlud mit der gleichen Geschwindigkeit wie vor der Versuchsausführung, nämlich in 7" gegen 1'55" (Elektroskop leer).

Ganz abweichend von Blei und Quecksilber verhalten sich die Platinmetalle, sowie Gold. Jene Stoffe vermögen alle Aktivität aus den Wismut-Poloniumsalzen in sich aufzunehmen und letztere zu entaktivieren. Auch mit grösseren Mengen ganz schwach aktiver Wismutpräparate liess sich die α-Strahlung in Spuren Iridiumsalzes in solchem Masse anhäufen, dass

das Elektroskop beim Nähern des induzierten Körpers sofort entladen wurde. Wir finden bei den Aktivierungsversuchen mittels aktiven Wismuts wieder bestätigt, dass bei dem induzierten Stoffe die spezielle Art der erregten Strahlung sich nicht geändert hat. α-aktives Wismut kann anderen Metallen nur α-Strahlung induzieren.

Induktion von Platinsalz durch aktives Wismutchlorid.

Versuch. 1 gr aktives Wismutoxychlorid löste ich mit $^1/_2$ gr Platinchlorid in Salzsäure, fällte nach sechs Tagen Platin mittels Hydrazinsulfat und etwas Natronlauge als schwarzes Metallpulver, wusch mit Salzsäure, Alkohol und Aether aus und prüfte den induzierten Stoff nach dem Trocknen auf seine zerstreuende Wirkung am Elektroskop. Platin entlud dasselbe in 5″ gegen 2′10″ (Elektroskop ohne aktive Substanz). An früherer Stelle wurde bereits darauf hingewiesen, dass insbesondere Platinbleche, die in eine aktive Wismut-Poloniumlösung eintauchten, die Lösung zu entaktivieren vermochten, indem sie alle Aktivität an ihrer Oberfläche konzentrierten. Die α-Strahlung dauerte bei diesen Blechen äusserst lange an und nahm erst nach einjährigem Aufbewahren beträchtlich ab. Sie schwand jedoch sehr rasch, wenn das Metall längere Zeit auf Rotglut erhitzt wurde. Ein Platinblech entlud nach eintägigem Verweilen in einer Wismut-Poloniumlösung wie folgt:

Zeit	5. Febr. 1903	11. März 1903	30. Juli 1903	15. Febr. 1904
Platinblech	15″	17″	30″	51″
Gewöhnlicher Wismutstab	2′2″	2′20″	1′40″	1′58″

Ein weiterer Versuch liess klar erkennen, dass die Aktivität sich nicht gleich der Elektrizität über den ganzen induzierten Körper ausbreitet, sondern auf die Fläche beschränkt bleibt, die von dem induzierenden Stoffe benetzt wurde.

Die Innenseite einer Platinschale, in welcher drei Tage lang eine aktive Wismutsalzlösung aufbewahrt wurde, entlud nach dem Ausgiessen der Flüssigkeit, Reinigen und Trocknen mit Salzsäure, Alkohol und Aether in 12″ gegen 2′40′ (Elektroskop ohne aktive Substanz), die Aussenseite dagegen in 2′50″ gegen 2′40″ (Elektroskop leer) bei negativer und positiver Ladung.

Den stärksten Effekt am Elektroskop zeigte von allen induzierten Metallen und Metallsalzen das Iridium.

Versuch. $^1/_2$ gr Iridiumchlorid wurde mit überschüssigem, aktivem Wismutoxychlorid in Salzsäure gelöst und nach viertägigem Stehen zur Wasserbadtrockne eingedampft. Iridium fällte ich aus der durch Aufnahme von wenig Wasser und verdünnter Salzsäure hergestellten Lösung durch mehrmaliges Eindampfen mit Ameisensäure aus. Das mit Alkohol und Aether getrocknete Pulver wirkte phosphoreszierend am Sidot'schen Blendeschirm und entlud das Elektroskop sofort beim Annähern auf einige Centimeter Entfernung. Nach einem Monat zerstreute Iridium am Elektroskop bei $^1/_2$ cm Entfernung von der Kondensatorplatte in $^1/_2$″ gegen 3′ (Elektroskop leer), nach drei Monaten in 2″ gegen 3′48″ (Elektroskop leer). Iridium wurde jetzt nochmals gereinigt, zu diesem Zwecke in Königswasser gelöst, mit Wasser einige Male zur Trockne eingedampft und mit Wasser wieder extrahiert. Durch längeres Einleiten von Schwefelwasserstoff in die klare Lösung fiel Iridium als

Sulfid aus. Trotz der chemischen Umsetzung bewahrte Iridium seine gleiche Entladungsgeschwindigkeit; das Sulfid zerstreute am geladenen Elektroskop am 15. Mai 1903 in 3" gegen 4'35" (leer), am 1. Februar 1904 in 9" gegen 3'15" (leer). Das aktive Wismutsalz entlud vor der Behandlung mit Iridiumchlorid in wenigen Sekunden; nach der Trennung jedoch in 1'27" gegen 1'28" (leer), nach weiteren 7 Monaten in 2'44" gegen 2'45" (leer).

Das ehemals aktive Wismut-Polonium hatte seine Strahlung völlig eingebüsst und bei längerem Aufbewahren nicht wieder erlangt. Es tritt also in diesem Falle deutlich sein abweichendes Verhalten von dem primär aktiven Stoffen Radium, Uran und Radioblei u. s. w. zu Tage, die innerhalb einer bestimmten Frist ihre frühere Aktivität wieder gewinnen.

Dem Iridium wieder sehr nahe in Bezug auf leichte Induzierbarkeit steht Palladiumsalz. Es lässt sich innerhalb sechs Tage kräftig induzieren, erreicht aber nicht mehr die Stärke des Iridiumpräparates und lässt auch ferner ein rascheres Schwinden der die Luft ionisierenden α-Strahlung erkennen. Palladium trennte ich von Wismutsalz durch Eindampfen mittels Hydrazinsulfat. Der schön glänzende Metallniederschlag entlud, nachdem er sorgfältigst von jeglicher Spur Wismutsalzes durch Lösen in Königswasser, wiederholtes Eindampfen mit Wasser und abermaliges Abscheiden mit Hydrazinsulfat gereinigt und mit Alkohol und Aether getrocknet worden war, folgendermassen:

Zeit	14. März 1903	6. Mai 1903	31. Juli 1903	22. Okt. 1903	1. Febr. 1904
Palladium	8″	11″	15″	26″	40″
Elektroskop leer	3′1″	3′48″	1′40″	3′15″	3′15″

Das vordem zum Aktivieren benützte Wismutsulfid wirkte nach der Induktion in 2′33″ gegen 3′ (Elektroskop leer), am 1. Febr. 1904 in 2′42″ gegen 2′44″ (Elektroskop leer), war also völlig inaktiv.

Palladium als Metallstück in eine aktive Wismutlösung eingetaucht, war gleich allen Platinmetallen äusserst leicht aktivierbar. Ein kleines Palladiumblech tauchte 30 Stunden in eine aktive Wismut-Poloniumsalzlösung ein. Seine Entladungsgeschwindigkeit war darnach:

am 10. Februar 1903 9″ gegen 4′40″ (Calciumsulfat)
„ 14. März 1903 10″ „ 4′57″ „
„ 26. Januar 1904 32″ „ 1′30″ „

Wenn auch Gold- und Silbersalz durch Wismut-Polonium zu induzieren sind, so erreicht ihre Strahlungsintensität bei weitem nicht diejenige der Platinmetalle. Anderseits kondensiert wieder ein Silbermetallstück, im Gegensatz zur Silberverbindung fast alle Aktivität an seiner Oberfläche.

Aus einer Flüssigkeit, welche Silbernitrat und die fünffache Menge an aktivem Wismut-Poloniumnitrat gelöst enthielt, wurde nach achttägigem Aufbewahren Silber in seiner Halogenverbindung durch Salzsäure abgeschieden. Die mit verdünnter Salzsäure, Alkohol und Aether gereinigte Fällung zerstreute am geladenen Elektroskop

am 14. März 1903 in 1'45" gegen 3" (Elektroskop leer)
„ 6. Mai 1903 „ 2'12" „ 3'48" „ „
„ 31. Juli 1903 „ 1'7" „ 1'25" „ „

Aus dem Filtrate schlug ich durch Einleiten von Schwefelwasserstoff Wismutsulfid nieder, das nur wenig an Aktivität abgenommen hatte. Es entlud am Elektroskop in 5" gegen 3' (Elektroskop leer), zwei Monate später in 13" gegen 3'48" (Elektroskop leer). In einem anderen Falle löste ich ein kräftig induziertes Silberblech von 2"—3" Entladungsdauer in Salpetersäure, fällte Silber wieder als Chlorsilber und prüfte die getrocknete Verbindung am Elektroskop. Sie entlud in 1'4" gegen 1'37" (Elektroskop leer).

Merkwürdigerweise nimmt, wie schon mitgeteilt wurde, Silber als Metall in einer Lösung induziert, seinen Platz in der Reihe der induzierbaren, festen Körper vor den Platinmetallen ein. Ein Silberdraht hing zum Beispiel 18 Stunden in einer schwach salzsauren aktiven Wismutsalzlösung. Nach dem Abspülen mit verdünnter Salzsäure, Alkohol und Aether entlud das Metall in 9" gegen 3'8" (Calciumsulfat), nach 7 Monaten in 25" gegen 1'40" (Calciumsulfat), nach weiteren fünf Monaten in 52" gegen 2'47" (Calciumsulfat). Bei einem zweiten Versuche tauchten in schwach aktive Wismutsalzlösung fünf Tage lang gleichzeitig ein Silber, ein Platin und ein Palladiumblech von gleichem Umfang. Die Metallstücke wurden zusammen der Lösung entnommen, mit verdünnter Salzsäure abgespült und mit Alkohol und Aether getrocknet.

Das Silberblech entlud darauf in 2" gegen 2'45" (leer), das Platinblech entlud darauf in 2'40" gegen 2'45" (leer) und das Palladiumblech (entlud darauf) in 1'45" gegen 2'45" (leer).

Zwischen Platinmetall- und Silbersalzen kommt in der Reihe der durch aktives Wismut induzierbaren Elemente Gold zu stehen, denn die Goldverbindungen sind schwerer als diejenigen der Platinmetalle, leichter jedoch als solche des Silbers zu aktivieren. Gold, das als braunes Pulver durch Reduktion mittels Hydrazinsulfat aus einer Goldchlorid- und Wismut-Poloniumchloridlösung nach sechstägigem Aufbewahren abgeschieden wurde, entlud am 14. März 1903 in 32″ gegen 3′ (leer), am 6. Mai 1903 in 49″ gegen 3′48″ (leer), am 10. Februar 1904 in 1′44″ gegen 3′25″ (leer).

Da Blei und Silber als Salze, in aktiver Flüssigkeit zur Lösung gebracht, sich nur sehr schwer induzieren liessen, Silber aber als Metall äusserst stark induziert wird, versuchten wir, wie schon bei der Induktion durch Uran und Radiumsalz ausgeführt wurde, durch Eintauchen geschmolzener Salze die α-Strahlung auf diese zu übertragen. Die geschmolzenen Metallsalze verhielten sich indessen ganz analog den in Lösung aktivierten Salzen, sie waren nur schwach induzierbar.

Versuch. Geschmolzenes Chlorsilber und Chlorblei hingen sechs Wochen in stark aktiver Wismutchloridlösung. Nach dem Abspülen mit Salzsäure, Alkohol und Aether ergab die Messung am Elektroskop für Bleichlorid 4′15″ gegen 5′ (Elektroskop leer), für Chlorsilber 3′15″ gegen 5′ (Elektroskop leer).

Wismutoxychlorid dagegen hatte seine Strahlungsintensität bewahrt und entlud in 12″ gegen 4′40″ (leer).

Wie Blei- und Silbersalze, so können auch Baryumsalze durch Radiowismut nicht aktiviert werden.

Versuch. $^1/_2$ gr Chlorbaryum löste ich in zehnfacher Menge Wismutoxychlorid von ungefähr 45″

gegen 3'50" (leer) Entladungsgeschwindigkeit. Nach zehn Tagen wurde Baryum als Sulfat vom Wismutsalz getrennt. Baryumsulfat entlud nach dem Auswaschen mit verdünnter Schwefelsäure und nach dem Trocknen mit Alkohol und Aether in 3'2" gegen 5'5" (Elektroskop leer), Wismutsulfat (bas. Salz) dagegen mit fast der gleichen Geschwindigkeit in 40" gegen 5'5" (leer).

Stellen wir schliesslich die Metalle nach der Grösse ihrer Aktivierbarkeit zusammen, so erhalten wir

I. Für Wismut die Reihe: Iridium, Palladium, Platin, Tellur, Gold, Silber; nicht aktivierbar: Blei, Baryum und Quecksilber.

II. Für Radioblei: Iridium, Palladium, Platin, Wismut, Tellur, Baryum, Strontium, Calcium; nicht aktivierbar: Quecksilber.

III. Für Uran: Thor, Baryum, Strontium, Calcium, Blei, Wismut, Gold, Tellur; kaum oder nicht-aktivierbar: Quecksilber, Palladium, Iridium und Platin.

IV. Für Radium: Thor, Blei, Baryum, Wismut, Tellur, Silber und Gold; kaum aktivierbar: Quecksilber und die Platinmetalle.

Ein Blick auf diese Zusammenstellung zeigt, dass die Reihen I mit II, ebenso III mit IV übereinstimmen, dass aber zwischen I, II einerseits und III, IV anderseits ein sehr grosser Unterschied existiert.

Es folgt daraus, dass die, induzierte Aktivität vermittelnden, Agentien aus Radio-Blei und Radio-Wismut sich von den aus Uran und Radium stammenden wesentlich unterscheiden. Nimmt man die früher

(pag. 34 u. ff.) hervorgehobene Tatsache hinzu, dass α- und β-Aktivitäten nicht in einander übergehen und sehr verschieden schnell abklingen, so muss man mindestens 4 Arten von übertragbarer Aktivität annehmen. Die Erscheinungen der in Lösung induzierten Aktivität lassen sich demnach nicht auf die direkte unmittelbare Uebertragung einer Energieform zurückführen, sondern die aktivierenden Agentien scheinen materieller Art zu sein und insoferne auswählende Fähigkeiten zu besitzen, als sie an den verschiedenen Metallen durchaus nicht gleichermassen haften bleiben.

Curriculum vitae.

Ich, Karl Ludwig Gonder, evangelischer Konfession, wurde am 29. April 1880 zu Friedberg in Hessen geboren als Sohn des Fabrikanten Jean Gonder und seiner Ehefrau Mina, geborene Werner.

Bis zur Unterprima besuchte ich das Progymnasium meiner Vaterstadt, trat sodann Ostern 1896 in die Obersekunda der Oberrealschule zu Kassel ein, die ich Ostern 1899 mit dem Zeugnis der Reife verliess. Alsdann bezog ich die Grossherzogl. techn. Hochschule in Darmstadt, um mich dem Studium der Naturwissenschaften, speziell Elektrochemie zu widmen. Im März 1901 bestand ich am genannten Institut das Verbandsexamen in anorganischer und organischer Chemie. Ostern 1901 wurde ich in der philosophischen Fakultät der kgl. Ludwigs-Maximilians-Universität zu München immatrikuliert. Hier setzte ich vor allem meine chemischen Studien fort und war vom Herbste 1901 bis Frühjahr 1904 mit anorganischen Arbeiten beschäftigt, an die sich meine Doktorarbeit anschloss. Ostern 1903 bestand ich in Giessen die Reifeprüfung im Lateinischen und erlangte so das Abiturium eines Realgymnasiums. Seit Ostern 1904 bin ich als Unterrichtsassistent in der anorganischen Abteilung des Kieler chemischen Universitätsinstitutes tätig.

Vorlesungen hörte ich bei den Herren Dozenten: Chelius, Finger, Gräfe, Henneberg, Heyl, Dingeldey, Kolb, Lepsius, Scheffers, Staedel, Steuer, Wirtz, Zeissig (Darmstadt).

Dieckmann, Götz, Hofmann, Königs, Pompecky, Ranke, Willstätter, Zehnder, Zittel (München).

Praktisch tätig war ich in den Laboratorien der Herren Professoren: v. Baeyer, Hofmann, Staedel (Chemie).

Röntgen, Zeissig (Physik).

Chelius, Lepsius (Mineralogie—Geologie).

Allen meinen akademischen Lehrern danke ich an dieser Stelle herzlichst.